Comune di Lacchiarella

Città Metropolitana di Milano

Regione Lombardia

Proponente

APTO ITALIA S.R.L.

Oggetto

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DATACENTER - INSTALLAZIONE DI GRUPPI ELETTROGENI DI EMERGENZA DI POTENZA COMPLESSIVA SUPERIORE A 150 MWt

Titolo elaborato

Istanza Valutazione di Impatto Ambientale

Elaborato A07

Relazione tecnica del progetto di invarianza idraulica

Moriggi Luigi
Ordine degli Architetti PPC di Milano
Architetto
24.09.2025 10:33:17
GMT+02:00

Dott. Geol. Luigi Corna
Ordine Regionale dei Geologi della Lombardia n. 765

Società di Ingegneria Corna Pelizzoli Rota s.r.l.
Via Filippo Corridoni n. 27 – 24124 Bergamo

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
CORNA LUIGI nº 765

Settembre 2025

RELAZIONE TECNICA DEL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

r.r. 23 novembre 2017 n.7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica …" e smi

Indice

1) PREMESSA 3
2) UBICAZIONE GEOGRAFICA E DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO 4
3) CLASSIFICAZIONE DEL PROGETTO EDILIZIO 6
4) CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA, MODALITÀ DI CALCOLO E DOCUMENTAZIONE 7
5) PROGETTO DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA 8
5.1) Valutazioni delle opere di invarianza idraulica per piogge eccezionali 10
5.2) Valutazione della stabilità geotecnica delle opere di invarianza idraulica 11
6) PIANO DI GESTIONE E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA 11
6.1) Informazioni relative all'uso corretto "delle parti più importanti del bene" 12
7) CONCLUSIONI 12

Allegati alla presente

ALLEGATO N.1: Estratto Relazione Progetto di invarianza idraulica ed idrologica del "AMBITO DI TRASFORMAZIONE H2 COMPARTO H2a RICHIESTA TITOLO EDILIZIO PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA" a cura di "Dott. Geologo Andrea Brambati" datata Luglio 2022 (resa in piena disponibilità allo scrivente dalla Committente).
ALLEGATO N.2: ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITA' DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTOALLEGATO E r.r. 23 novembre 2017, n. 7

Elaborati di riferimento

-Relazione geologica e geotecnica del progetto architettonico;

-Tavola planivolumetrico del progetto architettonico;

-Tavola schema reti tecnologiche del progetto architettonico.

1) PREMESSA

La presente relazione è redatta a nome e per conto di "APTO ITALIA S.R.L." a supporto del "PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DATACENTER - INSTALLAZIONE DI GRUPPI ELETTROGENI DI EMERGENZA DI POTENZA COMPLESSIVA SUPERIORE A 150 MWt" in Comune di Lacchiarella (MI).

In particolare questa relazione è stata sviluppata a supporto del progetto di invarianza idraulica ed idrologica previsto dagli articoli 6 e 10 del r.r. 23 novembre 2017 n.7 come modificato dal r.r. 19 aprile 2019 n.8 e dal r.r. 28 marzo 2025 n.3.

Il r.r. definisce:

- gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- il volume minimo delle opere di laminazione;
- la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

Norme di riferimento:

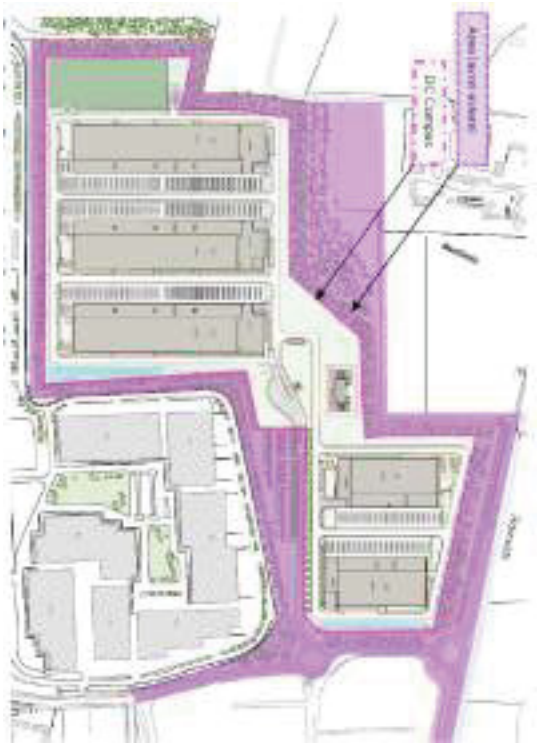
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 – Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica;
- Regolamento regionale. 19 aprile 2019 n. 8 - Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7;
- Regolamento Regionale 28 marzo 2025, n. 3 - Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7;
- Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 – Legge per il governo del territorio;
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 – Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne;
- Legge regionale 15 marzo 2016, n. 4 – Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua;
- Legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 – Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche;
- UNI/TS 1445, maggio 2012 - Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano. Progettazione, installazione e manutenzione;
- UNI EN 1717, novembre 2002 - Protezione dall'inquinamento dell'acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l'inquinamento da riflusso;
- UNI EN 12053-3 - Sistema d'intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio);
- UNI 9184 - Sistemi di scarico delle acque meteoriche - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.

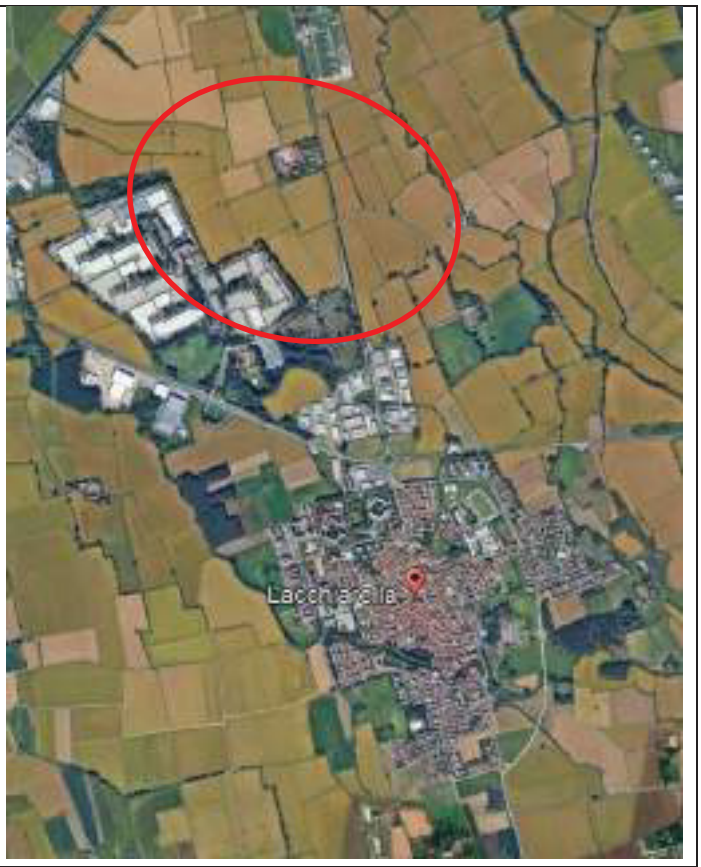
2) UBICAZIONE GEOGRAFICA E DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

La zona in studio è collocata nella parte settentrionale del comune di Lacchiarella, in area verde in corso di urbanizzazione a fini produttivi. La morfologia dei luoghi è pianeggiante con lieve pendenza verso sud.

Figura 1: planimetria aree di progetto.

In basso è riportata una planimetria schematica dell'area del progetto ed a destra l'inquadramento su ortofoto





Il progetto prevede la costruzione di:

- capannoni ed infrastrutture annesse del complesso datacenter;
- nuove opere di urbanizzazione - viabilità, parcheggi, verde urbano e stradale.

Non sono previsti piani interrati.

La presente si riferisce alle nuove opere di viabilità, parcheggi, verde urbano e verde stradale.

Descrizione superfici di progetto		***Superficie m²***
1	VIABILITA' EXT 1	2213
2	VIABILITA' EXT 2	4833
3	PARCHEGGI	3468
4	VERDE URBANO	1264
5	VERDE STRADALE	174
Totale		***11.952***

Sono previsti scavi limitatamente agli sterri per la ricostruzione morfologia delle superfici di progetto e la posa dei rilevati delle opere stradali e dei parcheggi, e scavi a sezione ristretta per la posa dei sottoservizi.

Il recapito della fognatura acque bianche meteoriche sarà per filtrazione nel sottosuolo (con limitazioni derivanti dalla bassa soggiacenza della falda) e recapito in corso d'acqua superficiale previa laminazione.

Per maggiori dettagli vedi elaborati di progetto.

Il presente studio ha previsto la valutazione delle diverse tecnologie per l'invarianza idraulica ed idrologica del progetto in funzione dell'opera da realizzare e della geologia, idrogeologia ed idrologia dei luoghi. La soluzione applicabile è stata quella della "dispersione delle acque pluviali al suolo e negli strati superficiali del suottosuolo" o mediante "laminazione e recapito in corso d'acqua superficiale"

<table>
<tr><td colspan="2">Principali parametri e requisiti del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, secondo quanto indicato nel del r.r. n. 7/17</td></tr>
<tr><td>Disposti del piano di governo del territorio, reticolo minore, in materia di invarianza idraulica ed idrologica
Indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT</td><td>Classe di fattibilità geologica (dgr 2616/119): 3
Elementi del reticolo idrico: presenti sul perimetro

<table><tr><td>Indicazioni geo.</td><td>Caratteristiche geotecniche sufficienti, falda superficiale</td></tr><tr><td>Vincoli geo.</td><td>Polizia idraulica reticolo idr. perimetrale</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Compatibilità della portata massima scaricata su suolo dalle opere in progetto con le condizioni idrogeologiche locali</td><td><table><tr><td colspan="2">Dati geologici/idrogeologici, geotecnici</td></tr><tr><td>Assenti</td><td></td></tr><tr><td>Da bibliografia</td><td></td></tr><tr><td>Specifici del progetto</td><td>X</td></tr><tr><td>Permeabilità dei terreni superficiali cm/sec</td><td>1,3x10^{-2}</td></tr><tr><td>Profondità falda m</td><td>1,3</td></tr></table></td></tr>
</table>

Per la fattibilità della fognatura acqua bianche meteoriche vedi: Relazione geologica e geotecnica del progetto architettonico.

3) CLASSIFICAZIONE DEL PROGETTO EDILIZIO

Per la verifica della assoggettabilità del progetto al r.r. si è fatto riferimento all'art.3 "Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica". Il progetto risulta assoggettato al regolamento.

Di seguito si riportano i principali parametri e requisiti del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, secondo quanto indicato nel del r.r. n. 7/17.

Principali parametri e requisiti del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, secondo quanto indicato nel del r.r. n. 7/17

Art. 3 Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica

	Coeff. drenaggio
Superficie impermeabile	**1**
Superficie semi permeabile	**0,7**
Superficie permeabile	**0,3**

Art. 3	Comma	**2**	Lettera	**b**
Nuova costruzione				

Superficie impermeabile	viabilità **7.046** parcheggi **3.468** verde **1.438**	m^2
Superficie semi permeabile		m^2
Superficie permeabile		m^2
Superficie intervento	**11.952**	m^2
Coeff. drenaggio medio	**0,88**	

Art. 7 Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione

Comune	Lacchiarella	
Criticità idraulica	Alta A	
	Media B	**X**
	Bassa C	
	Coeff. P	
	Piani att	

Art. 12 Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica ed idrologica

Criticità idraulica	Alta A*	800	m^3/ha	**X**
	Med. B	500	m^3/ha	
	Bassa C	400	m^3/ha	

Vita utile delle opere	50 anni

* NB Indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti e alle procedure indicati nel regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole.

Vedi: Tavola planivolumetrico del progetto architettonico.

4) CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA, MODALITÀ DI CALCOLO E DOCUMENTAZIONE

Di seguito si riportano le valutazioni che hanno condotto alla definizione della modalità di calcolo e contenuti del progetto di invarianza idraulica.

Principali parametri e requisiti del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, secondo quanto indicato nel del r.r. n. 7/17			
Art. 9 Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica ed idrologica e modalità di calcolo	Classe interv.		Impermeabilizzazione potenziale
	0		qualsiasi
	1		bassa
	2		media
	3	**x**	alta
Art. 11 Metodologia di calcolo	Procedura dettagliata	**X**	
	Metodo delle sole piogge		
	Procedura requisiti minimi		

MODALITA' DI CALCOLO E DOCUMENTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA:	
SI	Articolo 10, comma 1, lettera d);
NO	Articolo 10, comma 2 requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2 impermeabilizzazione bassa, criticità ABC, e impermeabilizzazione media o alta criticità C
NO	Articolo 10, comma 3, lettera b), requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera a)
NO	Articolo 10, comma 3, lettera b), requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera b)

DOCUMENTAZIONE NECESSARIA PER LA CASISTICA PREVISTA ART 10 DEL R.R. 7/17 E SMI		
SI	a) relazione tecnica richiesta	
SI		descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo
SI		calcolo delle precipitazioni di progetto
SI		calcoli del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti
SI		calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti
SI		calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione
SI		calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico
SI		dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili del presente regolamento
S	b) documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala adeguata, sezioni, particolari costruttivi	
S	c) piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e di recapito nei ricettori, secondo le disposizioni dell'articolo 13	
NO	d) asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento, redatta secondo il modello di cui all'allegato E	
SI	dichiarazione del progettista, con specifico atto, che è stata applicata la casistica di cui al medesimo articolo 12, comma 1, lettera a, redatta secondo il modello di cui all'allegato E	

5) PROGETTO DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA

La soluzione progettuale di invarianza idraulica ed idrologica utilizzata, prevede la progettazione dei manufatti finalizzati a:

- raccogliere le acque meteoriche intercettate dalle superfici, mediante una serie di pozzetti con caditoie equidistribuiti rispetto l'area;
- convogliare le acque, mediante un sistema fognario composto da tubazioni e da pozzetti/camerette/vasche;
- recapitare la fognatura acque bianche meteoriche del progetto, nel ricettore.

FUNZIONAMENTO FOGNATURA		
		DESCRIZIONE
Interamente a gravità	NO	Condotte della nuova fognatura, pozzetti, camerette, vasche
A gravità e con stazione di sollevamento	SI	Vasca di laminazione

COMPONENTI DELLA FOGNATURA		
		DESCRIZIONE
Pozzetti e caditoie	SI	Strade e parcheggi
Condotte	SI	Tratti fognatura acque bianche meteoriche
Pozzetti, camerette e vasche	SI	Tratti fognatura acque bianche meteoriche + Vasche disoleatrici + Vasche di laminazione
Apparecchiature elettromeccaniche	SI	Vasca di sollevamento
Apparecchiature di controllo e allarme	SI	Vasca di sollevamento

Si riportano in seguito alcune indicazioni progettuali per i principali componenti del sistema di drenaggio e dello scarico terminale (ulteriori a quelli dimensionati e descritti nei capitoli seguenti).

Tali opere dovranno rispondere alla normativa di settore.

- UNI EN 12053-3 - Sistema d'intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio);
- UNI EN 1917 - Pozzetti e camere di ispezione di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
- UNI EN 124 - Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali;
- UNI EN 1916 - Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.

Le caditoie dovranno avere adeguate caratteristiche di resistenza, durabilità e manutentabilità e saranno collocate in genere in funzione della geometria dell'opera. Dovranno garantire il sifonamento dello scarico in fognatura e il contenimento delle emissioni acustiche del flusso idrico.

In corrispondenza di innesti principali ed incroci delle tubazioni della fognatura verranno posizionate delle camerette di ispezione che dovranno avere adeguate caratteristiche di resistenza, durabilità e manutentabilità. Dovranno garantire il contenimento delle emissioni acustiche del flusso idrico.

Le superfici finali delle pavimentazioni dovranno essere sagomate in modo da convogliare tutte le acque pluviali ruscellanti, verso le caditoie.

Per maggior dettaglio vedi Relazione del Progetto di invarianza geologica ed idrogeologica allegata.

5.1) Descrizione della soluzione progettuale e calcoli di dimensionamento

Il presente paragrafo descrive le modalità realizzative degli invasi di laminazione in funzione dell'ambito considerato.

VIABILITA' EXT 1 (strada di ingresso alla lottizzazione)

Il volume di invarianza è creato mediante la posa di una **vasca interrata** avente un **volume complessivo di 252 m³**, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 195 m³. il volume così creato è in grado di gestire anche eventuali afflussi provenienti dalle aree a parcheggio pubbliche.
Superficie di progetto: 2.213 m^2
Portata pompa di svuotamento: 2,2 lit/sec
Tempo di svuotamento: 24,5 h

VIABILITA' EXT 2 (strada di collegamento tra le rotatorie)

Il volume di invarianza è creato mediante la somma dei seguenti due contributi:

- costruzione di una rotatoria 'smart' nella corona circolare della rotatoria nei pressi della Cascina Coriasco. La **vasca smart** avrà dimensione 17 m di lunghezza, 17 m di larghezza e 1,20 m di altezza, per un **volume complessivo efficace di 312 m³**;
- posa di tubazione di diametro pari a Ø 500 mm e con sviluppo pari a 413 m, al di sotto della strada di collegamento tra le rotatorie, in grado di generare un **volume di 75 m³**.

La somma dei due contributi garantisce un volume di 387 m³, pari al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10%.
Superficie di progetto: 4.833 m^2
Portata pompa di svuotamento: 4,8 lit/sec
Tempo di svuotamento: 24,6 h

PARCHEGGI IN PRATO CARRABILE E/O GREEN BLOCK

Il volume di invarianza è creato sfruttando il riempimento degli interstizi con terra vegetale e lo strato di massicciata sottostante; considerando una porosità efficace del 30% (rapporto tra il volume dei vuoti e il volume totale), si determina un volume efficace pari a 260 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 217 m³.
La filtrazione negli strati superficiali del terreno risulta ampiamente verificata.

VERDE URBANO

Il volume di invarianza è creato sfruttando lo strato di ghiaia da 25 cm contenuto nello strato di massicciata sottostante; considerando una porosità efficace del 30% (rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume totale) si determina un volume efficace pari a 95 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 79 m³.

La filtrazione negli strati superficiali del terreno risulta ampiamente verificata.

VERDE STRADALE

Il volume di invarianza è creato sfruttando lo strato di ghiaia da 25 cm contenuto nello strato di massicciata sottostante; considerando una porosità efficace del 30% (rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume totale) si determina un volume efficace pari a 13 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 11 m³.

La filtrazione negli strati superficiali del terreno risulta ampiamente verificata.

Rain Garden

Il volume efficace di invarianza si crea sfruttando lo strato di ghiaia da 50 cm contenuto nello strato di massicciata sottostante.

Ruscellamento e Infiltrazione Naturale

Nelle aree collocate tra parcheggi/viabilità e asta del fontanile Pilastrello si provvederà, mediante modellazione morfologica, a inclinare leggermente la superficie a verde pubblico in direzione del cavo irriguo. La pendenza così creata consentirà di contenere la lama d'acqua in pochi centimetri e di conseguenza le precipitazioni giunte al suolo, in parte si infiltreranno direttamente nel terreno, in parte convoglieranno in maniera naturale per ruscellamento o per flusso subsuperficiale verso il cavo in questione, all'interno del quale poi le acque defluiranno come flusso incanalato. La finitura superficiale dell'area sarà a verde.

Per maggior dettaglio vedi Relazione del Progetto di invarianza geologica ed idrogeologica allegata.

5.2) Valutazioni delle opere di invarianza idraulica per piogge eccezionali

Le opere di invarianza idraulica ed idrologica progettate non determinano modifica alle condizioni di rischio idraulico dei luoghi del progetto.

Il complesso delle opere risulta interamente fuori terra senza piani interrati.

Dalle stime condotte per tempi di ritorno di piogge eccezionali T200 le opere di invarianza idraulica risultano adeguate al contenimento di "rischi di allagamento con rischi per l'incolumità delle persone".

Sono previste apparecchiature elettromeccaniche di controllo ed allarme contro i rischi di allagamento.

Date le valutazioni non risulta la necessità di un piano per la gestione del rischio idraulico per gli edifici delle opere.

5.3) Valutazione della stabilità geotecnica delle opere di invarianza idraulica

Le opere verranno posizione su substrato stabile. La relazione geologica del progetto architettonico non evidenzia criticità per la stabilità dei luoghi.

Le opere interrate (tubazioni, camerette ecc.) dovranno essere posizionate ad adeguata distanza dalle fondazioni degli edifici se presenti.

I rinfianchi ed i rinterri dovranno essere realizzati con materiali stabili adeguatamente compattati, eventualmente anche con calcestruzzo magrone ad alta fluidità di posa.

I manufatti interrati dovranno essere di tipo autoportante.

Le opere in corrispondenza di aree carrabili dovranno essere coperte con massicciate, solette, griglie e chiusini, di portanza adeguata ai carichi previsti.

6) PIANO DI GESTIONE E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

Il presente piano integra e specifica, per le opere di invarianza idraulica, quello generale dell'intera opera, secondo quanto indicato dal R.r. 7/17 all'Art. 13: Piano di manutenzione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica e responsabilità connesse.

Per tutte le componenti che costituiscono l'impianto di fognatura acque bianche meteoriche, le indicazioni riportate nei libretti di manutenzione dei produttori dei manufatti prevarranno su quelle riportate nella presente.

Le opere di invarianza idraulica ed idrologica dovranno essere realizzate da ditte specializzate, utilizzando materiali ed apparecchiature marcate CE e come da progetto.

Alla fine dei lavori, le opere saranno consegnate alla proprietà che diventerà l'unico responsabile del corretto utilizzo, dei controlli e degli interventi di manutenzione. Come riportato nell'art. 13, comma 2, r.r. 7/17, i costi di manutenzione dell'intero sistema di drenaggio delle acque pluviali restano in carico interamente ed esclusivamente alla Proprietà.

Le manutenzioni dovranno utilizzare componenti uguali o certificati corrispondenti a quelli originali.

L'efficienza e l'efficacia delle opere di invarianza idraulica ed idrologica potranno mantenersi adeguate nel tempo, previa l'attuazione di uno specifico piano di manutenzione che prevedrà:

- ispezioni

- monitoraggi
- manutenzioni ordinarie
- manutenzioni straordinarie.

Il piano di manutenzione dovrà risultare adeguato al raggiungimento degli obiettivi tecnico funzionali ed economici previsti dalla normativa. Il piano rappresenta uno degli strumenti utili per evitare l'uso del bene progettato con comportamenti anomali che possono danneggiare o compromettere la durabilità e le caratteristiche del bene stesso. A tal fine, il piano definisce le procedure di raccolta e di registrazione dell'informazione nonché le azioni necessarie per impostare le operazioni di manutenzione e per organizzare in modo efficiente, sia sul piano tecnico che su quello economico, il servizio di manutenzione.

6.1) Informazioni relative all'uso corretto "delle parti più importanti del bene"

Le opere di invarianza idraulica - fognatura acque bianche meteoriche hanno le funzioni di raccogliere e far defluire al ricettore, le acque ruscellanti pluviali ricadenti sulle superfici impermeabili e semipermeabili delle infrastrutture del progetto.

Tali opere dovranno essere mantenute adeguate a garantire lo smaltimento delle acque ed a contenere le portate di deflusso entro i limiti stabiliti per il ricettore. Non potranno verificarsi perdite, fuoriuscite, sovrapressioni, filtrazioni, allagamenti.

Le opere non dovranno causare instabilità (geotecnica o strutturale) dei luoghi.

Le opere non dovranno causare emissioni acustiche nell'ambiente.

Le opere non dovranno causare emissioni maleodoranti nell'ambiente.

Si dovranno evitare quindi occlusioni, schiacciamenti o qualsivoglia anomalia all'impianto, che possa limitare o interrompere il flusso delle acque.

Per maggior dettaglio vedi Relazione del Progetto di invarianza geologica ed idrogeologica allegata.

7) CONCLUSIONI

A supporto del Progetto architettonico, è stato redatto il Progetto di invarianza geologica ai sensi del r.r. n. 7/17 e smi.

Il progetto è risultato assoggettato al r.r. n.7/2017 e s.m.i.

Il progetto è stato supportato dalle indagini contenute nella "Relazione geologica e geotecnica".

DATI TERRITORIALI E CLASSIFICAZIONE INTERVENTO R.R. N.7/2017 E S.M.I.

Impermeabilizzazione potenziale del progetto (Art. 9, r.r./17): Impermeabilizzazione potenziale alta;

Criticità idraulica comunale (Art. 7, r.r./17): B

Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica (Art. 12, r.r./17): Criticità idraulica A, 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile (rientrano in aree A di cui al comma 3, anche le aree inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole)

PROGETTO DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA

Dai calcoli svolti per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica, sono stati ottenuti:

Per le tubazioni					
Si prevede l'utilizzo di tubazioni in PVC SN8 con una pendenza da 1‰ a 1%.					
Superfici	m^2	300	1.500	4.500	9.000
Diametri	mm	200	315	400	500

Per opere di recapito al reticolo idrico minore
VIABILITA' EXT 1 (strada di ingresso alla lottizzazione)
vasca interrata di 252 m³. Portata pompa di svuotamento: 2,2 lit/sec.
VIABILITA' EXT 2 (strada di collegamento tra le rotatorie)
vasca smart di 312 m³ + tubazione di 75 m³. Portata pompa di svuotamento: 4,8 lit/sec.

Per opere di recapito negli strati superficiali del terreno
PARCHEGGI IN PRATO CARRABILE E/O GREEN BLOCK
sottofondo di 780 m³. Volume efficace di 260 m³.
VERDE URBANO
massicciata di 285 m^3. Volume efficace di 95 m³.
VERDE STRADALE
massicciata di 39 m^3. Volume efficace di 13 m³.

Le opere dovranno essere assoggettate a piano di manutenzione.

L'Impresa ed il Direttore dei lavori, verificheranno la corretta realizzazione delle opere di fognatura acque bianche meteoriche secondo quanto indicato nel "Progetto di invarianza idraulica ed idrologica".

In caso di varianti sostanziali, in corso d'opera, si dovrà aggiornare il "Progetto di invarianza idraulica ed idrologica."

Alla fine dell'opera il Direttore dei lavori, dovrà emettere "documentazione di regolare esecuzione" secondo le indicazioni dell'atr. 6 comma 5, del r.r. 7/17 e smi.

Bergamo, Settembre 2025

Dott. Geol. Luigi Corna

COMUNE DI
LACCHIARELLA
Città Metropolitana
di Milano

Oggetto

PROCEDURA PER IL RILASCIO DI PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE (PAUR) di cui al R.R. n°2 del 25/03/2020

AMBITO DI TRASFORMAZIONE H2 COMPARTO H2a
RICHIESTA TITOLO EDILIZIO PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA

Elaborato

16c

Titolo dell'elaborato

Progetto. Relazione tecnica di invarianza idraulica e idrologica

Proprietà

AF Green s.r.l. - Società Agricola
Strada Provinciale, n°23
Località Cascina Postino, 26815 - Massalengo (LO)
P.IVA: 01541410195

AF Property S.p.A.
Passaggio Duomo, 2
20123 - Milano
C.F. - 05865900962

Data
Luglio 2022

Progettista:

Dott. Geologo. Andrea Brambati
Corso Lodi 26 - 20135 Milano
tel.348 3939629
e-mail: andreabrambati@alice.it
Ordine Geologi Regione Lombardia n° 1535

timbro e firma

SOMMARIO

1. Premesse
2. Quadro normativo di riferimento
3. Terminologia utilizzata
4. Inquadramento geologico e geomorfologico
5. Componente idrografica e idrogeologica
6. L'applicazione del regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica
7. Procedura di calcolo
8. Determinazione delle caratteristiche della LSPP
9. Dimensionamento invaso di laminazione
    - 9.1. Ietogramma di progetto
    - 9.2. Calcolo della portata in ingresso
    - 9.3. Dimensionamento del sistema di laminazione
    - 9.4. Realizzazione degli invasi di laminazione
    - 9.5. Descrizione dei sistemi di accumulo
10. Stima delle portate critiche e dimensionamento delle tubazioni
11. Verifica dei franchi idraulici di sicurezza
    - 11.1. Verifica sulle tubazioni
    - 11.2. Verifica del volume della rete di scarico
12. Piano d'uso e di manutenzione degli interventi (art. 38 - D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)
13. Sottoprogramma delle prestazioni, degli interventi e dei controlli

ALLEGATI

N°	*Titolo elaborato*
1	DIMENSIONAMENTO INVARIANZA AI SENSI R.R. 7/2017
2	DIMENSIONAMENTO PROCESSO DI LAMINAZIONE CON TR = 50 ANNI
3	VERIFICA PROCESSO DI LAMINAZIONE CON TR = 100 ANNI
4	SCHEMA DI CALCOLO
5	STIMA PORTATE CRITICHE CON TR = 50 ANNI
6	DIMENSIONAMENTO RETI ACQUE BIANCHE CON TR = 50 ANNI
7	STIMA PORTATE CRITICHE CON TR = 100 ANNI
8	VERIFICA RETI ACQUE BIANCHE CON TR = 100 ANNI

1. Premesse

Con il Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n. 7 (pubblicato in data 27/11/2017), Regione Lombardia ha emanato i criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, da applicarsi agli interventi di:

- nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;
- demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

Cosa si intende indicare con questi termini:

- INVARIANZA IDRAULICA = principio in base al quale la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.
- INVARIANZA IDROLOGICA = principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.
- DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE = strumento volto a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche ed a ridurre il degrado qualitativo delle acque. I sistemi di drenaggio urbano sostenibili tendono a ridurre gli effetti idrologici e idraulici dell'impermeabilizzazione, migliorare la qualità delle acque e integrare il design del verde nella città.

L'obiettivo della norma è quello di impedire un ulteriore aggravio e, in prospettiva, ottenere una progressiva riduzione delle portate circolanti nelle reti fognarie all'occorrere di eventi meteorici.

Allo scopo, il regolamento individua come prioritaria l'adozione di modelli di gestione delle acque meteoriche che favoriscano lo smaltimento delle acque meteoriche in loco (dispersione negli strati superficiali del sottosuolo) o il loro riutilizzo per irrigazione del verde ovvero per altri usi compatibili con la qualità delle acque. Nel caso in cui, per il contesto in cui si colloca l'intervento, non sia possibile conseguire per intero lo smaltimento in sito e sia, pertanto, necessario attivare scarichi verso rete fognarie o corpi idrici superficiali, il regolamento definisce le portate limite consentite allo scarico.

In particolare, per le aree ad alta criticità idraulica (aree A), la portata massima consentita è fissata pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento. Per le aree a media e bassa criticità (aree B e C), il limite è, invece, fissato a 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

In considerazione delle portate estremamente contenute sopra richiamate, la possibilità di attivazione di scarico in un corpo idrico recettore richiederà la realizzazione di idonei comparti di laminazione per i quali vengono fissati specifici criteri di dimensionamento in funzione della complessità dell'intervento e della criticità idraulica associata all'area di interesse.

Solo nell'impossibilità pratica di realizzare in sito i dispositivi atti a conseguire l'invarianza idraulica, è prevista la possibilità di monetizzare l'onere secondo tariffario definito in funzione della criticità idraulica dell'area di interesse.

A prescindere dalle modalità di conseguimento degli obiettivi prefissati, nello sviluppo dei progetti di intervento sopra richiamati si rende generalmente necessario redigere anche un progetto di invarianza idraulica e idrologica, firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici che attesti la congruenza del progetto ai disposti regolamentari.

Il presente documento si pone l'obiettivo di verificare l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica delle opere di urbanizzazione riferite al comparto H2a – Ambito di Trasformazione H2 in Comune di Lacchiarella (MI). La trasformazione territoriale prevista comporta una modifica delle permeabilità dello stato naturale, da qui la necessità di prevedere un idoneo sistema di raccolta e smaltimento delle acque piovane nel rispetto del regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica.

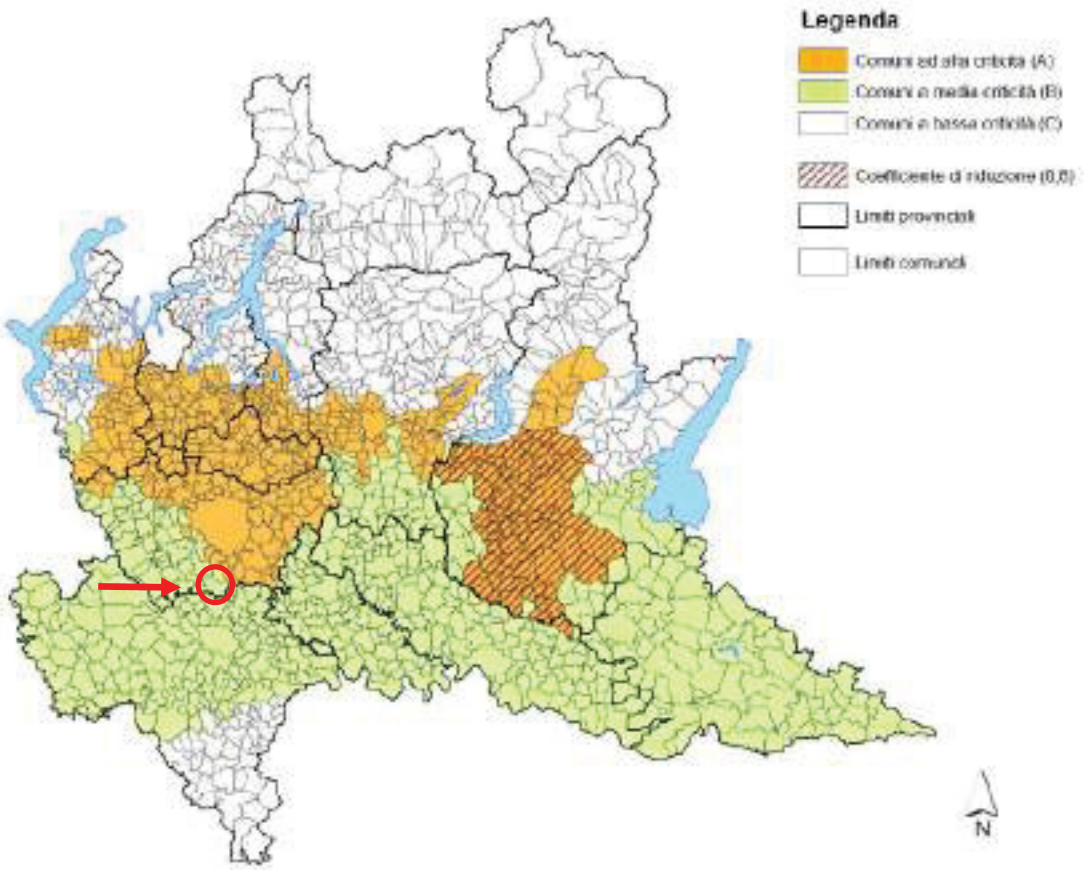
Il comparto in esame insiste sulla porzione nord occidentale del territorio comunale di Lacchiarella nell'ambito della media pianura milanese. L'area risulta esterna al Parco Agricolo Sud Milano e dista circa 1,5 Km dal centro abitato del Comune di Lacchiarella, circa 1 Km dal casello autostradale di Binasco dell'A7 Milano-Genova e poco meno di 16 Km dal casello autostradale dell'A1 di Melegnano.

L'ambito di intervento non è soggetto a vincolo idrogeologico e non è interessato né da esondazioni storiche, né dagli scenari di pericolosità e rischio individuati nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (v. Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – D.Lgs. 49/2010 "*Adozione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGRA) e del Progetto di Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)*").

Il comma 3 dell'art. 7 del regolamento descrive la suddivisione del territorio regionale in tre ambiti in funzione del livello di criticità idraulica:
1) alta criticità idraulica: aree A
2) media criticità idraulica: aree B

3) bassa criticità idraulica: aree C

L'immagine seguente mostra la suddivisione del territorio regionale nei tre ambiti precedentemente citati, mentre l'Allegato C alla norma riporta l'elenco comune per comune con l'indicazione del livello criticità idraulica associato. Secondo l'Allegato C il Comune di Lacchiarella è inserito nell'elenco dei comuni a media criticità idraulica (area B). L'intervento ricade altresì in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione previsto nel Piano delle Regole, pertanto si applicano i limiti delle aree A ad alta criticità. Il limite ammissibile allo scarico è 10 l/s*ha,imp.



"Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica", estratta dal R.R. n. 7/2017. In rosso, il Comune di Lacchiarella.

La presente relazione è stata redatta:

- con i contenuti di cui all'articolo 10, comma 1 del R.R. 7/2017 (casi in cui NON si applicano i requisiti minimi);
- conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del R.R. 7/2017;
- nel rispetto dei principi dell'invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal Piano di Governo del Territorio di Lacchiarella, dal Regolamento Edilizio e dal R.R. 7/2017;
- per la sola progettazione, senza che il professionista incaricato per il Progetto di invarianza idraulica e idrologica abbia ricevuto alcun incarico in merito all'attività di Direzione Lavori, che verrà pertanto assolta da altro professionista abilitato. Per tale ragione quest'ultimo una volta ultimati i lavori relativi alle opere di invarianza dovrà procedere alla compilazione e alla trasmissione a Regione Lombardia del "*Modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza idraulica e idrologica*", quest'ultimo mediante utilizzo dell'applicativo INVID.

Piano quotato.

2. Quadro normativo di riferimento

Partendo da indirizzi europei, la L.R. n. 4 del 15/03/2016 aveva già indicato nel suo art. 7 la necessità di applicare i principi di invarianza idraulica e idrologica a tutti gli interventi che comportino una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione. La Giunta regionale ha in seguito approvato, il 23 novembre 2017 (pubblicazione sul BURL il 27 novembre), il relativo regolamento attuativo. Il 29/06/2018 la Giunta ha quindi modificato l'art. 17 del regolamento del 2017, introducendo un periodo transitorio di disapplicazione delle norme di invarianza e di fatto limitando la normativa per i nuovi interventi edificatori. Contestualmente gli uffici regionali hanno attivato una consultazione con i cosiddetti stakeholder (amministratoti comunali, tecnici, gestori dei servizi idrici integrati, università, ANCE, ANCI, ecc.) per acquisire pareri o proposte di modifica. In data 24 aprile 2019, infine, è stato pubblicato sul Supplemento n. 17 il R.R. n. 8 del 19 aprile 2019, recante alcune modifiche al R.R. n. 7/2017. Le suddette modifiche sono entrate in vigore a partire dal 25 aprile 2019. Il R.R. n. 8/2019 in sostanza:

- corregge alcuni errori materiali del R.R. n. 7/2017 e recepisce le proposte di miglioramento terminologico del testo in alcuni punti, finalizzate a rendere più chiaro e intellegibile il testo stesso;
- specifica meglio alcune norme in esso contenute, con particolare riferimento all'art. 3 concernente gli interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- calibra meglio il parametro di superficie massimo per gli interventi che possono applicare il regolamento in modo semplificato (qualora si attui il regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità in situ, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F).

Il quadro normativo a cui si è fatto riferimento è il seguente:

- Norme tecniche rete fognaria - Circolare del ministero dei lavori pubblici 07/01/1974, n. 11633 "*Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto*";
- D.Lgs. 18/08/2000, n. 258 "*Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128*";
- D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*";
- D.Lgs. 15/05/2003, n. 152 "*Decreto legislativo recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*";
- D.Lgs. 12/06/2003, n. 185 - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio "*Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152*";
- L.R. n. 26 del 12/12/2003 "*Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche*";
- L.R. n. 12 del 11 marzo 2005 "*Legge per il governo del territorio*";
- R.R. n. 4 del 24 marzo 2006 "*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne*";
- D.L. n. 49 del 23 febbraio 2010 "*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione*";

- L.R. n. 17 del 21 novembre 2011 "*Partecipazione della Regione Lombardia alla formazione e attuazione del diritto dell'Unione europea*";
- D.G.R. X/4549 del 10 dicembre 2015 "*Direttiva 2007/60/CE contributo Regione Lombardia al piano di gestione del rischio alluvioni relativo al distretto idrografico Padano in attuazione dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010*";
- L.R. n. 4 del 15 marzo 2016 "*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*", pubblicata sul BURL n. 11, suppl. del 18 marzo 2016;
- D.P.C.M. 27 ottobre 2016 "*Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano*";
- L.R. n. 7 del 10 marzo 2017 "*Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti*";
- D.G.R. 10/6738 del 19 giugno 2017 "*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato istituzionale dell'autorità di bacino del fiume Po*", pubblicata sul BURL n. 25 Serie Ordinaria del 21 giugno 2017;
- R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 "*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*";
- R.R. n. 7 del 29 giugno 2018 "*Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifica dell'articolo 17 del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7*", pubblicato sul BURL n. 27, Serie Supplemento, del 3 luglio 2018;
- D.G.R. n. XI/470 del 2 agosto 2018 "*Integrazioni alle disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, di cui alla D.G.R. 19 giugno 2017 – n. X/6738*";
- R.R. n. 8 del 19/04/2019 "*Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al R.R. 23/11/2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della L.R. 11/03/2005, n. 12 "Legge per il governo del territorio")*", pubblicato sul Supplemento 17.

In ambito comunitario le direttive più importanti in materia di acque sono le seguenti:
- UNI/TS 1445, maggio 2012 - *Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano. Progettazione, installazione e manutenzione*;
- UNI EN 1717, novembre 2002 - *Protezione dall'inquinamento dell'acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l'inquinamento da riflusso;*
- UNI EN 12053-3 - *Sistema d'intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio)*;
- UNI 9184 - *Sistemi di scarico delle acque meteoriche - Criteri di progettazione, collaudo e gestione*.

La Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE presenta evidenti connessioni con le acque meteoriche e, con l'obiettivo generale di raggiungere un buono stato ecologico e chimico per tutte le acque comunitarie, ha istituito un quadro che persegue obiettivi specifici quali:
- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento,
- la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua,
- la protezione dell'ambiente,
- il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità.

3. Terminologia utilizzata

Acque di prima pioggia: le acque corrispondenti, nella prima parte di un evento meteorico, a una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta acque meteoriche.

Acque di seconda pioggia: la parte delle acque meteoriche di dilavamento eccedente le acque di prima pioggia.

Acque meteoriche di dilavamento: la parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava le superfici scolanti.

Acque pluviali: le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'art. 3 del R.R. n. 4 del 24/03/2006 "*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera a) della L.R. 12 dicembre 2003, n. 26*", che sono soggette alle norme previste nel medesimo regolamento.

Acque reflue domestiche: acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi, derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche.

Acque reflue industriali: acque scaricate da edifici o impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Acque reflue urbane: acque reflue domestiche o miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali ovvero meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato.

***D**renaggio urbano sostenibile*: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Portata specifica massima ammissibile allo scarico, espressa in l/s per ettaro: portata massima ammissibile allo scarico per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal regolamento.

Superficie scolante impermeabile: superficie risultante dal prodotto tra la superficie scolante totale per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale.

Superficie scolante impermeabile dell'intervento: superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale.

Superficie scolante totale: la superficie, di qualsiasi tipologia, grado di urbanizzazione e capacità di infiltrazione, inclusa nel bacino afferente al ricettore sottesa dalla sezione presa in considerazione.

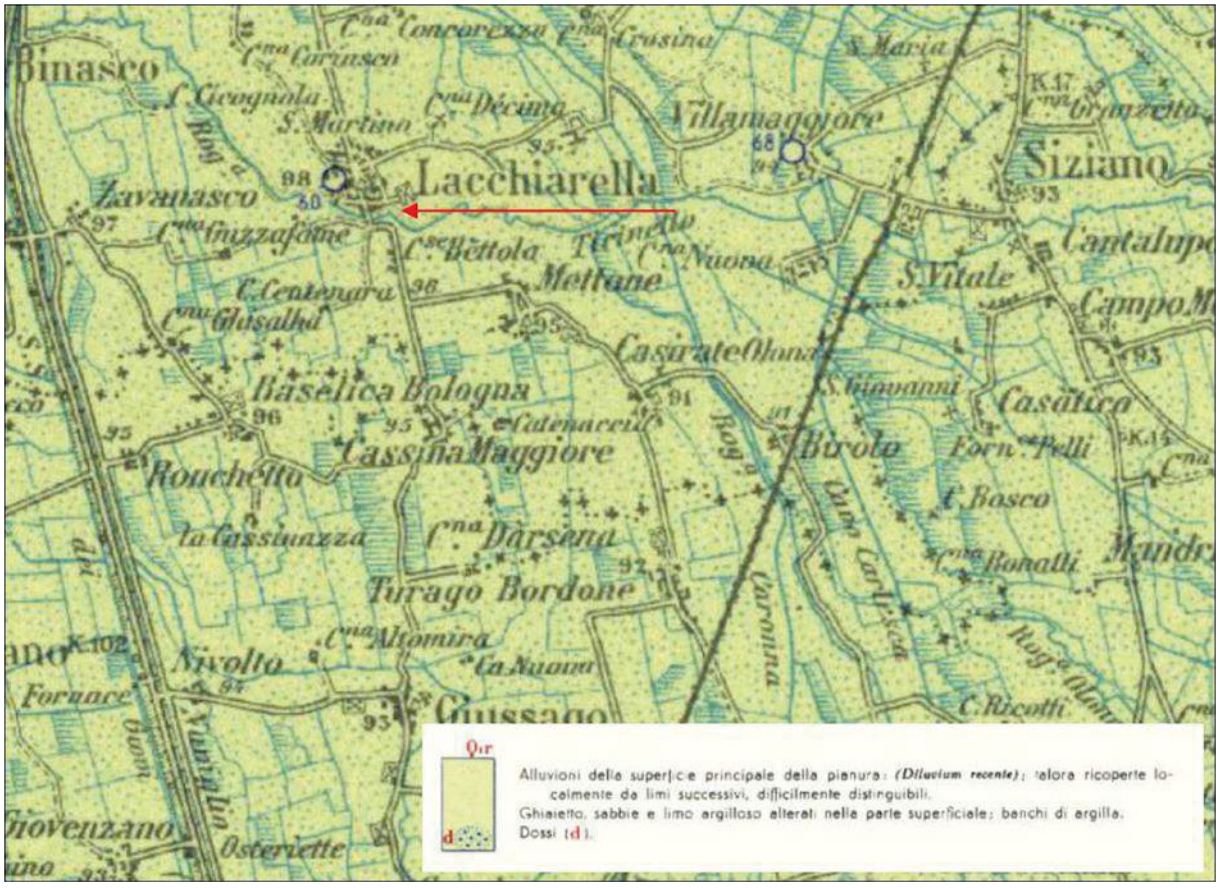
Titolare: soggetto tenuto alla gestione e manutenzione delle opere di invarianza idraulica e idrologica. Nel caso di infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e parcheggi, il titolare è il gestore delle stesse. Nel caso di edificazioni, il titolare è il proprietario o, se diverso dal proprietario, l'utilizzatore a qualsiasi titolo dell'edificio, quale l'affittuario o l'usufruttuario.

4. Inquadramento geologico e geomorfologico

La litologia della zona è profondamente influenzata dagli eventi quaternari che hanno determinato la formazione della pianura alluvionale, con la deposizione di potenti coltri detritiche di granulometria eterogenea. Più generalmente, le formazioni che interessano la Pianura Padana sono raggruppabili nel Quaternario Continentale, che si divide in:

- Depositi Morenici
- Diluvium Antico
- Diluvium Medio
- Diluvium Recente

L'area in esame appartiene al Foglio n. 59 "Pavia" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, non è stata invece ancora inserita nei Fogli del Progetto Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 del CARG Lombardia.



Estratto del Foglio 59 "Pavia" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

L'area appartiene al "*Diluvium recente*" (Pleistocene Superiore), cioè a quei depositi che occupano la maggiore estensione della pianura e ne costituiscono il cosiddetto *livello principale*; caratteristica morfologica principale è una struttura a conoidi appiattiti prodotti dall'azione dei corsi d'acqua post-glaciali, che si dispone in un unico livello debolmente inclinato verso il Po, interrotto dalle incisioni dei corsi d'acqua attuali con i relativi depositi. Il grado di alterazione è più basso rispetto ai diluvium più antichi e si nota una sensibile differenziazione granulometrica tra la zona a nord e quella a sud del limite settentrionale della fascia dei fontanili, la quale si snoda, con andamento est-ovest, da Novara fin poco oltre Brescia; tale limite corrisponde al passaggio tra le sabbie-ghiaie e le sabbie limose.

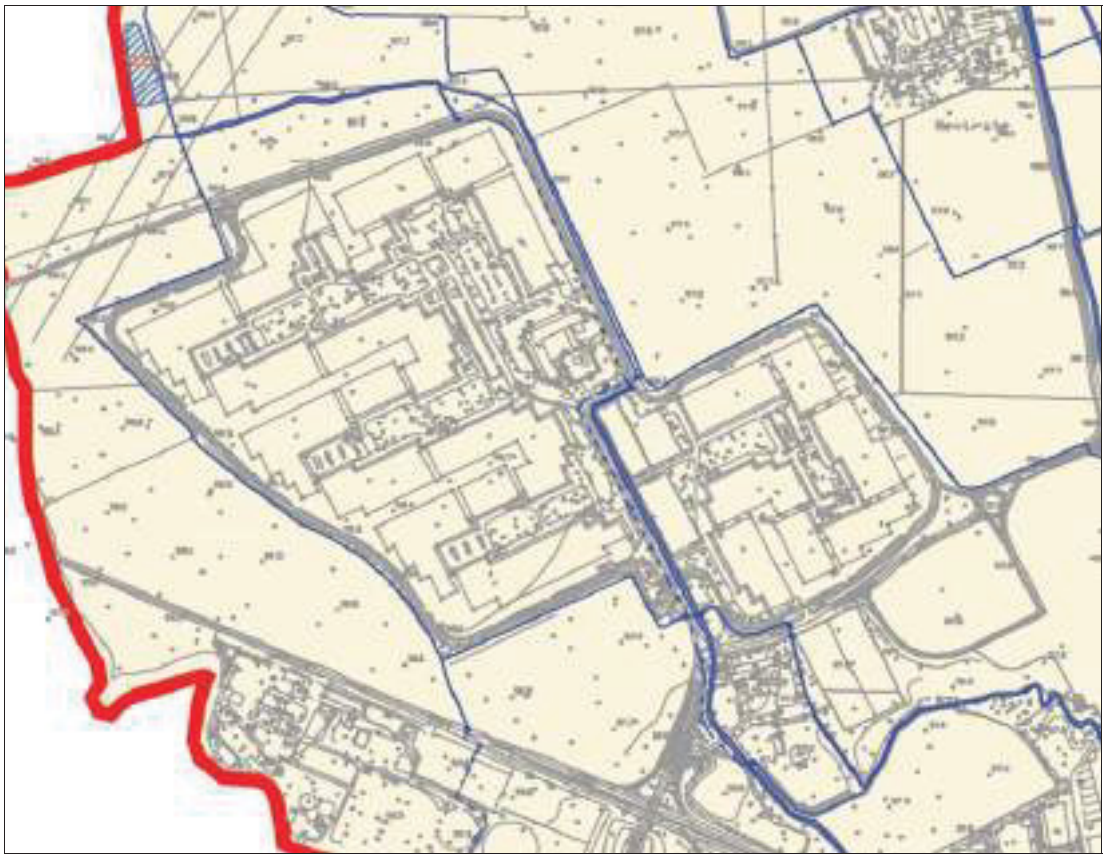
Più in dettaglio l'area d'intervento è caratterizzata dalla presenza di sedimenti di natura alluvionale, che si presentano sotto forma lenticolare talora con limitata estensione areale. Il sottosuolo è costituito prevalentemente da materiale tendenzialmente fine a scheletro sabbioso e con rara ghiaia, talora intercalato da livelli decisamente limosi e/o argillosi alterati nella parte superficiale. Le sabbie al di sotto della falda freatica sono soggette a lavatura e quindi risulta assente la componente argillosa ("*sabbie vive*").

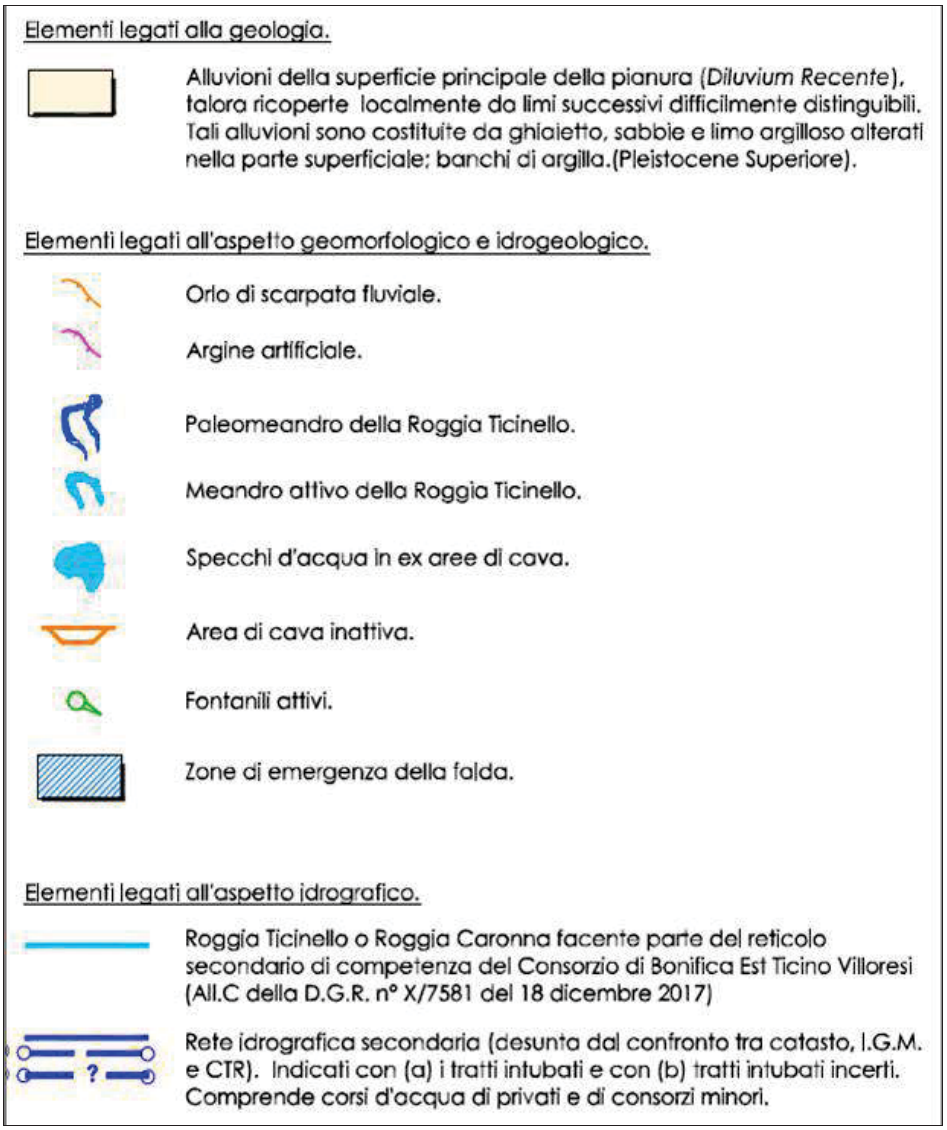
Il territorio in esame rientra nella cosiddetta Unità Geomorfologica "*LF - Livello Fondamentale della Pianura*" (L.F.d.P.), costituita da depositi terrazzati tardo pleistocenici e nota in Letteratura anche con il nome di "*Piano Generale Terrazzato*". Non più interessato dall'idrografia principale e caratterizzato da tracce di idrografia abbandonata, il Livello Fondamentale della Pianura costituisce una forma non più attiva, fatta eccezione per fenomeni geomorfologici di minor entità attivi solo localmente.

I processi che formarono questa superficie sono polifasici e il corpo sedimentario è attribuibile a più eventi: la superficie continua e arealmente estesa del Livello Fondamentale della Pianura testimonia l'arresto di ogni fase di aggradazione fluviale su di essa, verificatosi un momento prima dell'instaurarsi di condizioni fortemente erosive del Po e dei suoi affluenti di sinistra: i fiumi, infatti, scorrono entro larghe valli incassate, occupandone spesso una porzione estremamente ridotta.

Geomorfologicamente il territorio in esame risulta subpianeggiante, senza evidenza di dinamiche in atto e di elementi morfologici degni di nota. Le uniche forme morfologiche evidenti sono legate alla presenza di piccole scarpate connesse ai canali e rogge principali.

Si riporta uno stralcio della Tav. 2 - Carta Geologico-Geomorfologica, allegata all'interno della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT (settembre 2018).



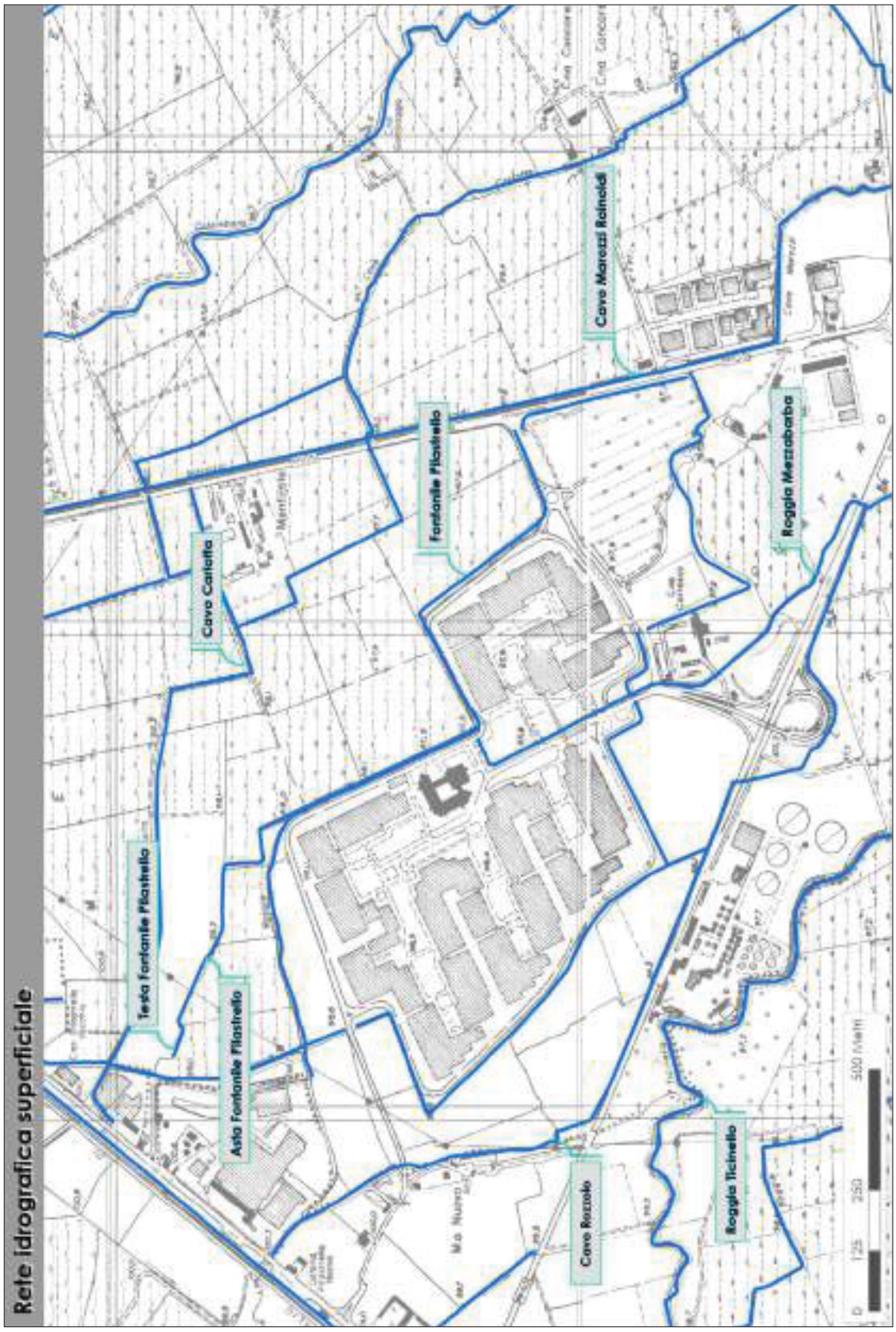


Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT: stralcio della Tav. 2 - Carta Geologico-Geomorfologica.

5. Componente idrografica e idrogeologica

Il sistema di rogge che va a formare la rete irrigua esistente è costituito, nell'area d'intervento e in un suo significativo intorno, dal *Fontanile Pilastrello* e dalla *Roggia Mezzabarba* o *Mezzabrasa* lungo il perimetro ovest e sud dell'ambito, dal *Cavo Carlotta* lungo il perimetro est, dalla *Roggia Ticinello* o *Roggia Caronna* a sud della SP40 Binaschina, dal *Cavo Marozzi Rainoldi* a est della SP105 Badile-Lacchiarella, con andamento nord-sud, e infine dal *Cavo Borromeo*. I canali maggiormente distribuiti entro l'area di studio hanno ampiezza di circa 1.5-2 m e alveo in terra; essi si mantengono in alvei a decorso prevalentemente rettilineo, più di rado meandriforme (Roggia Ticinello) e le portate sono generalmente di 200-300 l/s. A questi si aggiungono i canali adacquatori minori (cavi irrigui e canali di sgrondo dei campi).

Testa del Fontanile Pilastrello. I fontanili, per le loro caratteristiche di rappresentatività e l'elevato valore ecologico e ambientale, possono essere considerati un "*bene geologico*", secondo le indicazioni riportate nella D.G.R. del 6 agosto 1998 n. 6/37918.



Rete idrografica superficiale.

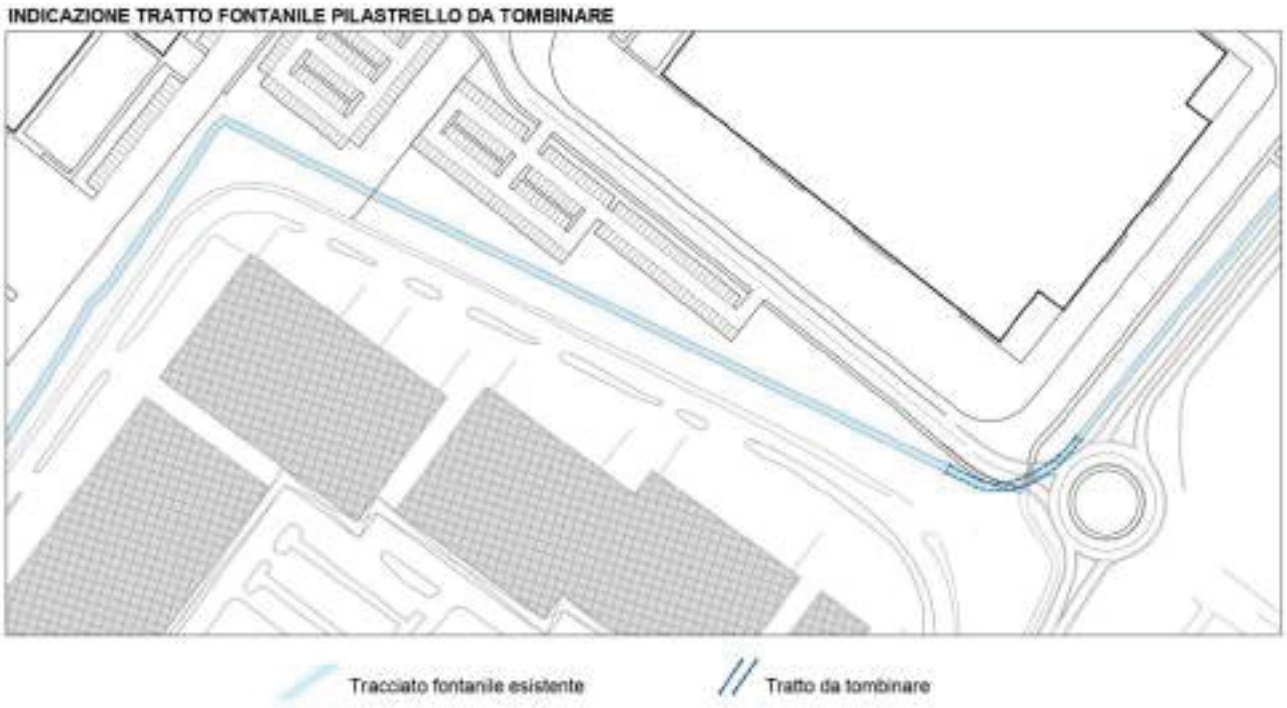
Asta fontanile Pilastrello.

Cavo Carlotta.

Cavo irriguo.

Roggia Mezzabarba.

Durante la fase di attuazione degli interventi un tratto dell'asta del fontanile Pilastrello, come si evince dalle tavole allegate al progetto, verrà tombinato per un tratto di circa 40 metri in corrispondenza dell'innesto della viabilità di accesso agli edifici B1 e B2 nella rotatoria. Le opere in progetto consistono, allo stato attuale, nell'inserimento di uno scatolare in c.a. prefabbricato del diametro di 120/140 cm. La portata attuale sarà garantita e, in linea generale, le operazioni sulla roggia non andranno a compromettere né la sicurezza idrogeologica né la funzionalità idraulica del comparto in esame.



6. L'applicazione del regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica

Le misure finalizzate all'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica sono, in ordine decrescente di priorità:

- il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- l'infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale;
- lo scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale;
- lo scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8 del regolamento.

Come da art. 8 del R.R. 7/2017, gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i valori massimi ammissibili dettati dal regolamento. Nel caso in esame, per le aree inserite nel PGT come Ambito di Trasformazione previsto nel Piano delle Regole, il limite di scarico risulta: **Q_{lim} = 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento**.

L'ambito oggetto di trasformazione, ai fini dell'applicazione del R.R. 7/2017, risulta essere pari a complessivi **S_{tot} = 11.952 mq (1,19 ha)**. Le aree di intervento aventi il medesimo coefficiente di deflusso sono così distribuite:

Descrizione superfici di progetto	*Tipo superficie*	*Area [m^2]*	*Coeff. φ*
VIABILITA' EXT 1	*Impermeabile*	2213	1
VIABILITA' EXT 2	*Impermeabile*	4833	1
PARCHEGGI	*Semipermeabile*	3468	0,7
VERDE URBANO	*Semipermeabile*	1264	0,7
VERDE STRADALE	*Semipermeabile*	174	0,7
Totale		***11.952***	***0,877***

Il valore del coefficiente di deflusso medio ponderale risulta pari a φ_m= 0,877.

L'art. 9 del regolamento, al comma 1, individua le diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza, suddividendo gli interventi in classi a seconda della superficie interessata e del coefficiente di deflusso medio ponderale, quest'ultimo calcolato ai sensi dell'art. 11, comma 2, lett. c), n. 7. La tabella 1 del regolamento riportata di seguito riporta la suddivisione in classi di intervento. Nel caso in esame, si ricade in interventi di "*impermeabilizzazione potenziale alta*", classe di intervento n. 3 (superficie interessata dall'intervento da > 1 a ≤ 10 ha e coefficiente di deflusso medio ponderale maggiore di 0,4), con conseguente applicazione della cosiddetta "*procedura dettagliata*" di cui all'art. 11.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica.

Le peculiari caratteristiche topografiche e idrogeologiche dell'ambito (falda a bassissima soggiacenza e pendenze ridottissime), nonché la strutturazione della superficie di intervento nei confronti del reticolo idraulico esistente, ha reso necessario prevedere la suddivisione dell'ambito in diversi sotto-ambiti idraulicamente indipendenti. Per ognuno dei sotto-ambiti si è provveduto al dimensionamento dei volumi di invarianza secondo le procedure dettate dal regolamento.

Nei calcoli non è stata presa in considerazione la pista ciclopedonale in progetto poiché, nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica idrologica, *è esclusa dall'applicazione del regolamento la realizzazione di nuove strade di tipo «F-bis itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell'articolo 2 del D.Lgs. 285/1992*.

7. Procedura di calcolo

L'idrogramma netto di piena è stato calcolato in via semplificata, adottando i valori standard del coefficiente di deflusso (o afflusso). I volumi degli invasi di laminazione necessari per attuare l'invarianza idraulica sono stati calcolati per esteso e in dettaglio secondo i criteri previsti dall'allegato G, come successivamente descritti nei successi paragrafi. Essi sono stati successivamente confrontati con i requisiti minimi di cui all'art. 12 - comma 2, pari a 800 mc per ettaro (ha) di superficie scolante impermeabile dell'intervento. Il volume richiesto dall'applicazione del regolamento risulta essere il maggiore dei due. Si riporta in tale sede il resoconto dei calcoli condotti demandando all'analisi dei successivi paragrafi la definizione puntuale delle procedure di calcolo. Si precisa che il volume minimo richiesto dal regolamento è stato ulteriormente incrementato del 10%, al fine di considerare eventuali variazioni relative a trasformazioni territoriali attuate in fase esecutiva.

Si sono considerati i seguenti interventi/parametri idraulici per la realizzazione dei sistemi di drenaggio e laminazione:

1) livello massimo della falda (minima soggiacenza) posto a circa 1,2 m dall'attuale p.c.;
2) tubazioni di grande diametro (supertubi) così da permettere una laminazione di riserva nella rete di scolo qualora si raggiunga il volume massimo di laminazione previsto; le tubazioni di grande diametro verranno posate con pendenza di posa ridotta, avendo la funzione di volumi di invaso;
3) creazione di invasi di laminazione mediante vasche interrate;
4) immissione degli scarichi nei punti recettori superficiali a mezzo di sollevamento meccanico.

La procedura di calcolo utilizzata per lo sviluppo del modello di invarianza idraulica per ciascun sotto-ambito idraulico, è composta dalle seguenti fasi sequenziali:

1) determinazione delle caratteristiche della Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica (LSPP);
2) costruzione dello ietogramma (o pluviogramma) di pioggia netta di progetto a partire dalle risultanze di cui ai punti precedenti secondo il criterio della durata critica dell'evento;
3) costruzione dell'idrogramma di piena netta in modalità discreta secondo un modello concettuale globale di tipo lineare;
4) calcolo della laminazione ottimale per differenze finite e del volume minimo di invaso;
5) confronto con il volume minimo di invaso previsto dal regolamento e adozione di quello maggiore.

Si riporta di seguito il riepilogo dei volumi, demandando all'analisi dell'allegato 1 per tutti i dettagli in merito ai calcoli effettuati. Il dato Wmin rappresenta il volume minimo richiesto da regolamento secondo il requisito minimo di 800 m³/ha Simp, W rappresenta il volume richiesto secondo la procedura di calcolo dettagliata, W+10% rappresenta il volume incrementato del 10% al fine di considerare eventuali variazioni in fase esecutiva e Wgarantito rappresenta il volume realizzato dalle opere di invarianza.

Descrizione superfici di progetto	*Wmin [m³]*	*W[m³]*	*W+10% [m³]*	*Wgarantito [m³]*
VIABILITA' EXT 1	177	119	195	252
VIABILITA' EXT 2	387	260	387	312+75
PARCHEGGI	194	131	217	214
VERDE URBANO	71	48	79	79
VERDE STRADALE	10	7	11	11

8. Determinazione delle caratteristiche della LSPP

Sia il metodo delle sole piogge che la procedura dettagliata presumono il calcolo della precipitazione di progetto attraverso l'utilizzo delle *Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica* (*LSPP*) come dato di input per il calcolo del volume di laminazione. L'analisi idrologica relativa all'area in esame è stata implementata pertanto con l'ausilio delle linee segnalatrici di pioggia riportate da ARPA Lombardia, così come indicato dal R.R n. 8 del 19 aprile 2019. Le curve hanno espressione:

$$h_T(D) = a\, w_T\, D^n$$

con:

- h rappresenta l'altezza di pioggia, fissato un determinato tempo di ritorno T, ed è funzione di una certa durata D della precipitazione;
- a e w_T sono dei parametri della funzione di probabilità GEV (*Generalized Extreme Values*), con cui si ritengono distribuite le precipitazioni intense.

Tale funzione assume la formula:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\{1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right\}$$

I parametri che compaiono nell'equazione presentano una variabilità spaziale, quindi variano all'interno del territorio regionale. Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il regolamento prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

- *T = 50 [anni]*: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale e economica degli insediamenti urbani;
- *T = 100 [anni]*: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

I metodi proposti dalla normativa per il calcolo del volume di laminazione fanno riferimento ai due parametri *a* e *n* la cui espressione è:

$$h = a \cdot D^n$$

con:

- *h [mm]*: altezza di pioggia
- *D [ore]*: durata di pioggia
- *n [-]*: parametro di scala
- *a [mm/ora^n]*: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$$a = a_1 \cdot w_T$$

con:

- *w_T [-]*: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno *T [anni]*

- a_1 *[mm/ora^n]*: coefficiente pluviometrico orario

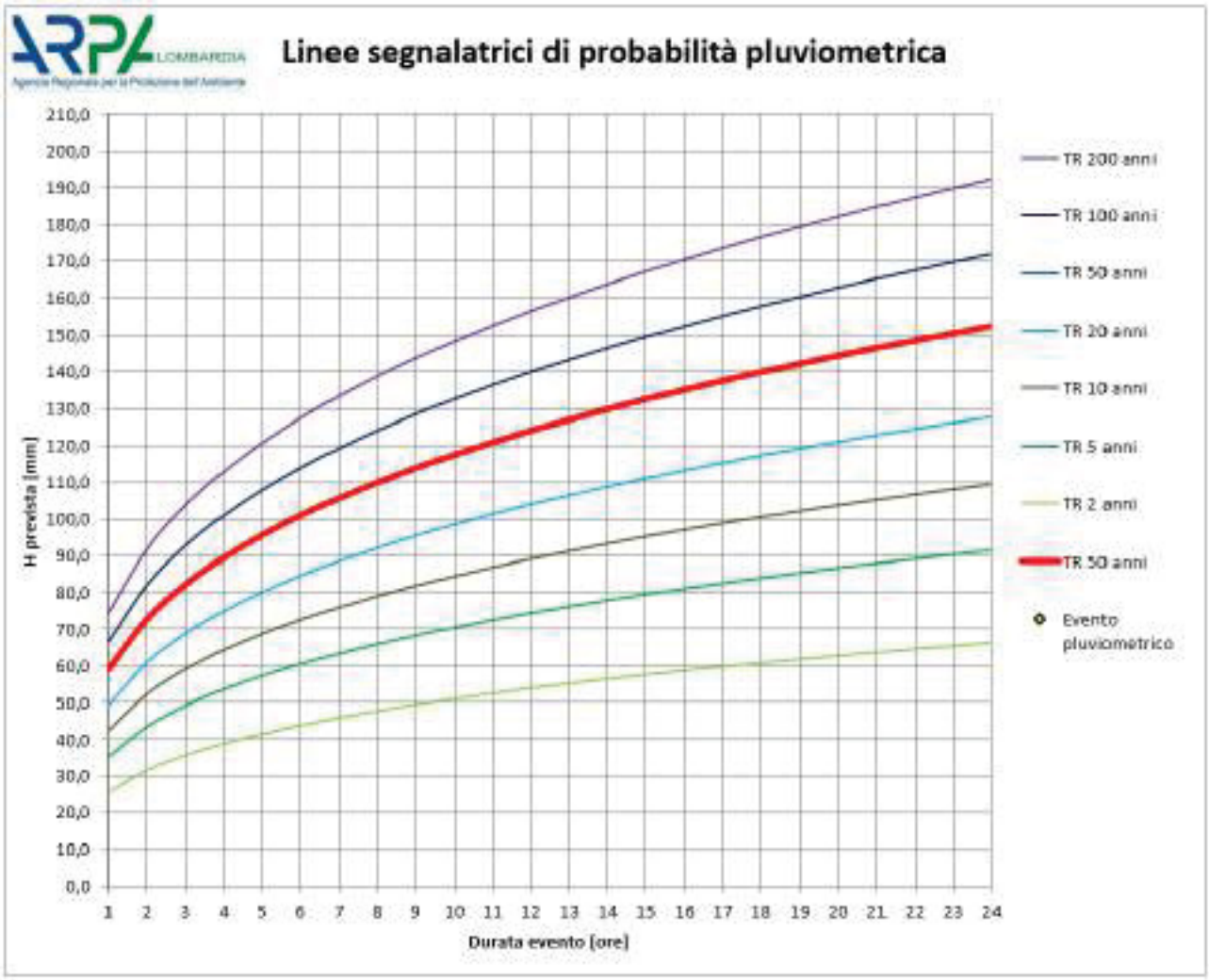
Arpa Lombardia fornisce, per il Comune di Lacchiarella, i seguenti parametri 1-24 ore:

Parametro			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	*27,94*	mm/h^n
Coefficiente di scala	n	*0,2974*	-
GEV – Parametro alfa	α	*0,2932*	-
GEV – Parametro kappa	k	*-0,0672*	-
GEV – Parametro epsilon	ε	*0,8096*	-

Parametri Linee Segnalatrici riportate da ARPA.

Grazie a questi parametri si ricava il grafico seguente denominato delle curve di Possibilità Pluviometrica. Esso indica, fissato un determinato tempo di ritorno, l'assegnata altezza di pioggia attesa in funzione della durata. Tali curve sono infatti indispensabili per poter stimare, fissato un determinato periodo di ritorno, l'altezza di pioggia attesa sull'area presa in esame, al variare della durata dell'evento meteorico considerato. In particolare, l'intensità di pioggia corrispondente è ricavabile dividendo l'altezza di precipitazione h con la durata:

$$i\,(D) = a\,w_T\,D^{n-1}$$



Per il dimensionamento delle opere di invarianza sono state utilizzate piogge con tempo di ritorno di 50 anni, in accordo con il regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica. È poi stata effettuata la verifica dei franchi di sicurezza con T = 100 anni. L'intensità di precipitazione è stata calcolata inserendo una durata pari a 1 ora: tale valore è sicuramente maggiore rispetto al tempo di corrivazione di tutto il bacino, per cui tutta l'area contribuisce alla formazione della portata.

I paramenti delle Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica impiegati nei successivi paragrafi sono riportati nella tabella successiva:

T	***a***	***n***	**CALCOLO**
50 anni	59,1672869	0,2974	DIMENSIONAMENTO OPERE IDRAULICHE
100 anni	66,7789857	0,2974	VERIFICA FRANCHI DI SICUREZZA

9. Dimensionamento degli invasi di laminazione

Le acque provenienti dalle nuove superfici impermeabilizzate verranno raccolte e conferite in appositi invasi, opportunamente dimensionati al fine di laminare i picchi di piena, per poi disperdere le acque per infiltrazione nel terreno, quest'ultima funzione delle caratteristiche idrogeologiche del terreno presente in sito, o conferite alle rogge limitrofe nei limiti previsti dal regolamento.

I successivi paragrafi illustreranno il dimensionamento del sistema di laminazione. Per la verifica dei diagrammi relativi a ietogramma lordo e netto idrogramma di piena e calcolo dei volumi cumulati si rimanda all'analisi dell'allegato 2, ove si riporta il calcolo effettuato per ogni sotto-ambito.

9.1. Ietogramma di progetto

Lo ietogramma è un grafico che rappresenta, durante un evento meteorico, l'andamento dell'intensità di pioggia per un dato intervallo di tempo Δt. Per piccoli bacini, come quello oggetto della presente relazione, si utilizza un passo temporale di 1 minuto.

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche più comunemente utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, si è scelto di utilizzare lo ietogramma cosiddetto Chicago, che, presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre, imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica prima detta, che lo scroscio critico è certamente contenuto nella pioggia di progetto.

La costruzione dello ietogramma Chicago è stata eseguita numericamente, ad intervalli di 1 minuto, attraverso l'equazione:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{tb}{r}\right)^{n-1}$$

nel tratto precedente il picco, e

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{ta}{1-r}\right)^{n-1}$$

nel tratto successivo al picco.

In tali equazioni *i(t)* è l'intensità all'istante t, *a* e *n* sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, *ta* e *tb* i tempi (contati rispettivamente dal picco verso la fine dell'evento e dal picco verso l'inizio dello stesso), r la posizione del picco lungo l'asse dei tempi (rapporto tra il tempo di picco e la durata totale).

La posizione del picco risulta di fondamentale importanza per questo tipo di ietogramma e generalmente nei bacini urbani si ha $0.3 < r < 0.4$. In questo caso si è scelto di posizionarlo a 3/8 ($r = 0.375$) della durata complessiva (1 ora) dell'evento sintetizzato.

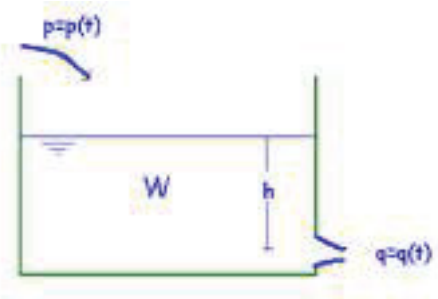
Viste le ridotte dimensioni dei sotto-ambiti non si è provveduto al ragguaglio dello ietogramma.

Per ricavare lo ietogramma Chicago netto, si moltiplicherà lo ietogramma lordo per il relativo coefficiente di afflusso, variabile a seconda della superficie considerata, $\varphi = 1{,}00$ per superfici impermeabili e $\varphi = 0{,}70$ per superfici semipermeabili.

9.2 Calcolo della portata in ingresso

Per la determinazione della portata in ingresso alla rete occorre applicare la trasformazione afflussi-deflussi. In questo caso si è utilizzato il modello dell'invaso lineare per il calcolo dell'idrogramma di piena.

Questo tipo di modellazione assimila il comportamento del bacino a quello di un serbatoio soggetto ad afflussi variabili nel tempo e a deflussi dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della sua bocca d'uscita.



Schematizzazione del modello dell'invaso lineare.

La portata in entrata è rappresentata dalla precipitazione (variabile nel tempo) che si abbatte sul bacino che è calcolata come prodotto tra il coefficiente d'afflusso ϕ, l'intensità di pioggia i [mm/h] e la superficie del bacino.

La portata uscente q rappresenta la portata che transita nella sezione di chiusura in seguito all'evento di pioggia.

Scopo del metodo è determinare la legge q=q(t), ossia l'andamento delle portate nel corso del tempo nella sezione di chiusura del bacino.

L'equazione che descrive l'andamento della portata nel tempo può essere ricavata applicando l'equazione di continuità al bacino:

$$p(t) - q(t) = \frac{dW}{dt}$$

Nell'ipotesi che si tratti di serbatoio lineare, il legame tra la portata uscente q ed il volume invasato W è dato dalla relazione

$$W = k \cdot q$$

in cui k è denominata "costante d'invaso".

Per la risoluzione dell'equazione suddetta, ossia la ricostruzione dell'idrogramma q(t), è stato utilizzato il software URBIS 2003. I dati di input del modello di calcolo sono:

- ietogramma di pioggia netto;
- idrogramma unitario istantaneo (IUH), cioè la risposta del sistema all'impulso unitario D (t) (delta di Dirac). L'IUH serve per esprimere una serie di caratteristiche del bacino che assumiamo

indipendenti dall'evento di pioggia, assumendo che il bacino si comporti come un unico invaso lineare.

L'IUH dipende esclusivamente dalla costante d'invaso k ed è dato dall'espressione

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k}$$

Il valore della costante d'invaso k è legato al tempo di corrivazione tc attraverso la relazione:

$$K = 0.7\ tc$$

dove tc è il tempo di corrivazione, che si calcola come somma tra il tempo di entrata in rete della goccia di pioggia e il tempo di rete tr [min] pari al rapporto tra la lunghezza del tronco fognario più lungo e 2,5 m/s:

$$tc\ [ore] = [te + tr / 2,5] / 60$$

Per le reti in questione risulta si è utilizzato un valore della costante di invaso K = 10,5 min, considerando un tempo di corrivazione pari a 15 min per tutti i sotto-ambiti.

9.3 Dimensionamento del sistema di laminazione

Per determinare il volume di laminazione, necessario per garantire l'accumulo del deflusso creatosi a seguito di eventi meteorici, si è provveduto a "tagliare" l'idrogramma delle portate in ingresso con l'idrogramma delle portate in uscita. L'idrogramma delle portate in uscita sarà funzione della portata massima prevista dal regolamento e costante nel tempo. L'area compresa tra le due curve rappresenta il volume da laminare.

Analizzando la curva dei volumi cumulati in ingresso e in uscita è possibile ricavare la curva che descrive l'andamento nel tempo del volume d'acqua stoccato all'interno del volume di laminazione, quest'ultimo creato mediante i pozzi precedentemente descritti.

I punti significativi del grafico dei volumi sotto:

- il punto di massimo del volume invasato, che rappresenta il volume di laminazione richiesto;
- il punto di intersezione della curva con l'asse delle ascisse, che rappresenta il tempo di svuotamento dell'invaso. Tale valore, come previsto dal Regolamento, deve essere inferiore alle 48 ore al fine di garantire la funzionalità del sistema di laminazione tra un evento piovoso ed il successivo.

Come si evince dai grafici riportati in allegato 2, in tutti i casi il tempo di svuotamento è sempre inferiore alle 48 ore (2.880 minuti). Per tale ragione il dimensionamento degli invasi di laminazione risulta verificato.

9.4 Realizzazione degli invasi di laminazione

Il presente paragrafo descrive le modalità realizzative degli invasi di laminazione in funzione del sotto-ambito considerato.

VIABILITA' EXT 1 (strada di ingresso alla lottizzazione)
Il volume di invarianza è ricreato mediante la posa di una vasca interrata avente un volume complessivo di 252 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 195 m³. il volume così creato è in grado di gestire anche gli afflussi provenienti dalle aree a parcheggio pubbliche.

VIABILITA' EXT 2 (strada di collegamento tra le rotatorie)
Il volume di invarianza è ricreato mediante la somma dei seguenti due contributi:

- creazione di una rotatoria 'smart' nella corona circolare della rotatoria nei pressi della Cascina Coriasco. La vasca smart avrà dimensione 17 m di lunghezza, 17 m di larghezza e 1,20 m di altezza, per un volume complessivo efficace di 312 m³;
- posa di tubazione di diametro pari a Ø 500 mm e con sviluppo pari a 413 m, al di sotto della strada di collegamento tra le rotatorie, in grado di generare un volume di 75 m³.

La somma dei due contributi garantisce un volume di 387 m³, pari al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10%.

PARCHEGGI IN PRATO CARRABILE E/O GREEN BLOCK
Il volume di invarianza è creato sfruttando il riempimento degli interstizi con terra vegetale e lo strato di massicciata sottostante; considerando una porosità efficace del 30% (rapporto tra il volume dei vuoti e il volume totale), si determina un volume efficace pari a 260 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 217 m³.

VERDE URBANO
Il volume di invarianza è creato sfruttando lo strato di ghiaia da 25 cm contenuto nello strato di massicciata sottostante; considerando una porosità efficace del 30% (rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume totale) si determina un volume efficace pari a 95 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 79 m³.

VERDE STRADALE
Il volume di invarianza è creato sfruttando lo strato di ghiaia da 25 cm contenuto nello strato di massicciata sottostante; considerando una porosità efficace del 30% (rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume totale) si determina un volume efficace pari a 13 m³, maggiore rispetto al volume richiesto dal regolamento, incrementato del 10% e pari a 11 m³.

RAIN GARDEN
Il volume efficace di invarianza si crea sfruttando lo strato di ghiaia da 50 cm contenuto nello strato di massicciata sottostante.

RUSCELLAMENTO E INFILTRAZIONE NATURALE
Nelle aree collocate tra parcheggi/viabilità e asta del fontanile Pilastrello si provvederà, mediante modellazione morfologica, a inclinare leggermente la superficie a verde pubblico in direzione del cavo irriguo. La pendenza così creata consentirà di contenere la lama d'acqua in pochi centimetri e di conseguenza, limitando gli scavi, le precipitazioni giunte al suolo in parte si infiltreranno direttamente nel terreno, in parte convoglieranno in maniera naturale per ruscellamento o per flusso sub-superficiale verso il cavo in questione, all'interno del quale poi le acque si muoveranno come flusso incanalato. La finitura superficiale dell'area sarà a verde.

In tutti i casi i volumi realizzati sono sempre maggiori o uguali al volume previsto dal regolamento e comunque maggiori rispetto ai volumi previsti dal processo di laminazione (sia con T=50 anni che con T=100 anni) e per tale ragione risultano verificati.

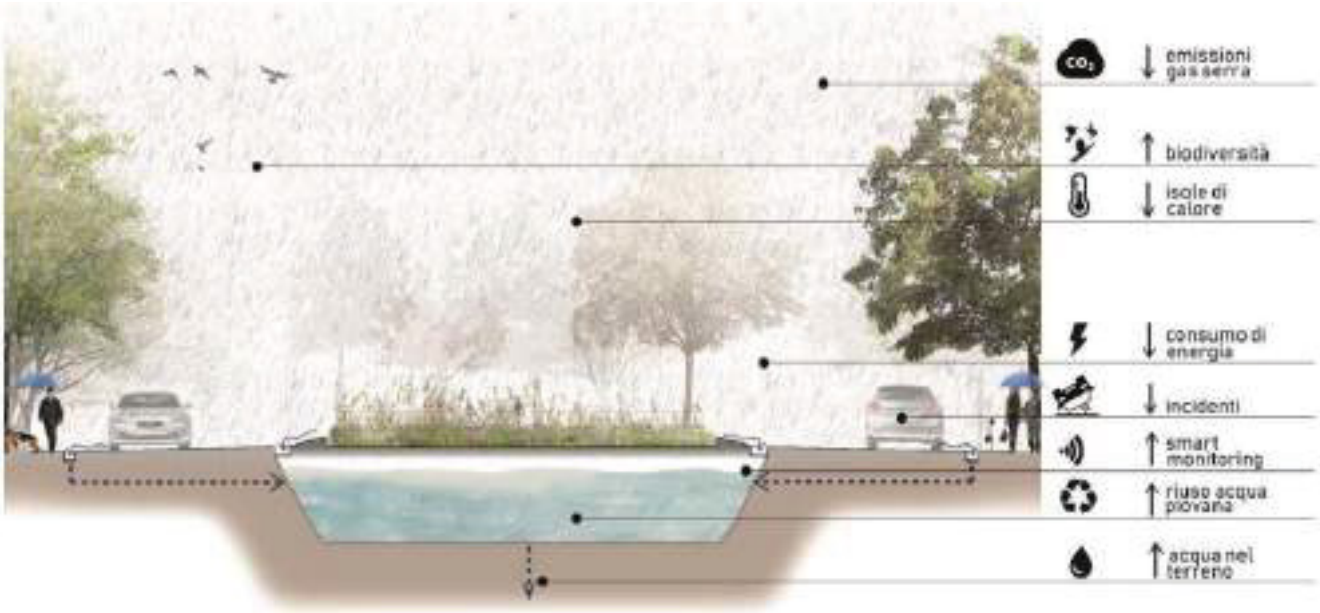
9.5 Descrizione dei sistemi di accumulo

Vasca interrata

La vasca sarà in c.a. o altro materiale, prefabbricata o realizzata in opera, e impermeabile. I componenti della vasca saranno: una copertura sicura (dimensionata in funzione dei carichi attesi), un sistema di accesso per manutenzione e/o pulizia, un sistema di schermatura per le zanzare, un sistema di filtrazione per evitare l'immissione di materiale grossolano (es. foglie o rifiuti), un tubo di troppo pieno (o, comunque, un'uscita controllata), un sistema di gestione delle emergenze (es. alloggiamento pompe). Le caratteristiche supplementari potranno includere un indicatore di livello dell'acqua e una trappola di sedimenti. In caso la vasca dovesse lavorare all'interno della falda, sarà indispensabile provvedere all'ancoraggio della stessa al fine di evitare possibili sollevamenti dovuti a sottospinte idrauliche. La verifica al galleggiamento della vasca dovrà essere supportata da idoneo calcolo e il suo svuotamento, nei limiti stabiliti dal regolamento, avverrà mediante installazione di idoneo sistema di pompaggio. Una volta accumulata l'acqua nella vasca, bisogna prevedere le modalità di rilascio a evento meteorico esaurito: entro 48 ore dalla fine dell'evento la vasca deve essere vuota e pronta per raccogliere nuovamente le portate pluviali.

Rotonda 'smart'

Progettate per evitare gli allagamenti, le rotonde 'smart' si ispirano agli impluvium romani e raccolgono l'acqua all'interno di un invaso sotterraneo. Questa soluzione, che potrebbe rendere più resilienti le strade in caso di piogge abbondanti, ormai sempre più frequenti, mantiene inalterato l'aspetto esterno di un incrocio a rotatoria e agisce nel sottosuolo, dove si posiziona una vasca a fondo piatto destinata alla raccolta dell'acqua in eccesso che, collocata al centro della rotatoria, dalla superficie viene qui indirizzata grazie a opportune pendenze stradali.



Tubi Ø 500 mm

Uno dei principi base per il mantenimento degli equilibri idraulici di una zona riguarda la gestione dei volumi di laminazione. Con l'incremento sempre maggiore delle aree impermeabili si rendono necessari volumi sempre maggiori in spazi sempre più ridotti per via dell'incremento del consumo di suolo. Alla luce di queste considerazioni, la ricerca dei volumi di laminazione deve essere concentrata in diversi piccoli interventi piuttosto che nella realizzazione di grandi opere. Buona pratica realizzativa per muovere in questa direzione è la posa di condotte sovradimensionate rispetto a quanto

sarebbe sufficiente allo scolo e al trasporto delle acque stesse. Si ricavano, quindi, parte dei volumi necessari alla laminazione all'interno delle tubazioni stesse mitigando le necessità dimensionali delle grandi opere d'invaso. Aumentando la dimensione delle condotte si ottiene una riduzione della velocità di scorrimento con conseguente deposito di materiale all'interno, pertanto per mantenere il sistema in piena efficienza si rendono necessarie periodiche operazioni di pulizia.

Parcheggi in prato carrabile e/o green block

Nelle aree a parcheggi che saranno realizzati in prato carrabile e/o green block l'acqua passerà attraverso la superficie semi-permeabile per poi essere rilasciata e filtrata negli strati inferiori del terreno. La tipologia di parcheggi in progetto prevede la posa della stratigrafia come riportata di seguito, unitamente all'immagine, con il riempimento degli interstizi mediante terra vegetale per la formazione di prato. Lo strato più superficiale della pavimentazione, per uno spessore di pochi centimetri, essendo soggetto a occlusione necessita di una pulizia periodica. Per quanto concerne l'eventuale problema della qualità delle acque che si infiltrano nel sottosuolo, indagini condotte su alcuni sistemi di infiltrazione hanno evidenziato che buona parte dei possibili inquinanti sono trattenuti dallo strato più superficiale del sistema stesso (Field, 1986; Colandini et al., 1995).

Esempio di pavimentazione permeabile in progetto.

Particolare massicciata parcheggi in green block.

Rain garden

Collocate tra i parcheggi pubblici, si tratta di aree verdi atte a ricevere acqua piovana e facilitarne l'infiltrazione nel primo sottosuolo. I sistemi di bioritenzione (fra cui, appunto, i rain garden) utilizzano suolo, arbusti e/o piante erbacee per rimuovere gli inquinanti dal deflusso delle acque piovane. Il rain garden, a seconda della precipitazione cumulata per singolo evento meteorico, può restare allagato per alcune ore, assorbendo l'acqua in eccesso dopo la fine dell'evento, in funzione della sua intensità e della sua durata.

Le specie vegetali più indicate sono quelle resistenti alle fluttuazioni dell'umidità del terreno in grado di provvedere a un maggiore assorbimento delle acque e degli inquinanti. Sono previste piante autoctone con radici profonde per assicurare buone percentuali di infiltrazione e condizioni aerobiche necessarie all'attività microbica per il trattamento delle sostanze inquinanti.

Le principali componenti del rain garden sono le seguenti:

- substrato per la piantumazione, coperto da pacciamatura in superficie (minimo 5-6 cm) e substrato del sito non compattato. Il posizionamento prevederà una leggera depressione per trattenere l'acqua (volume di stoccaggio). Lo spessore del substrato per la piantumazione verrà determinato in relazione alle specie vegetali scelte, indicativamente per uno spessore minimo di 50-60 cm;
- strato drenante: costituito da 10-15 cm di pietrisco/ghiaia a copertura del tubo forato (collegato all'overflow), che permetterà di convogliare l'acqua in eccesso e non saturare il terreno;
- specie vegetali: la selezione della vegetazione utilizzata si baserà sulle condizioni del sito e sui requisiti programmatici. Piante erbacee perenni e erbe ornamentali potranno essere combinate con arbusti sempreverdi che producono fiori e bacche in modo che l'area rimanga interessante anche durante la stagione invernale. I principi generali di piantumazione riguardano la piantagione densa (almeno 6/10 piante al metro quadrato) in riferimento alle specie utilizzate, fattore che aumenta la densità radicale e aiuta a mantenere la permeabilità della superficie.

Funzionamento e benefici di un Rain Garden.

Le principali caratteristiche funzionali del rain garden sono così riassumibili:

- Basse esigenze manutentive. Specie autoctone ben adattabili non hanno, di norma, esigenze manutentive. Le specie vegetali selezionate dovranno essere resistenti alle comuni fitopatologie, non necessitare di potature né di irrigazione. Per evitare il diserbo verrà messo in opera un robusto strato di pacciamatura;
- Apparato radicale profondo e ben sviluppato. Le specie vegetali più adatte in queste situazioni sono quelle piante in grado di espandere il loro apparato radicale in profondità nel suolo e quindi in grado di drenare l'acqua in tempi relativamente veloci. Potenzialmente abbiamo a disposizione un gran numero di piante tra cui scegliere, soprattutto nell'insieme delle erbacee perenni;
- Attrattività per la biodiversità. La diversità biologica comprende la varietà e la variabilità tra organismi viventi e i complessi ecologici in cui vivono. Contribuire ad arricchire la complessità ecologica urbana attraverso l'impiego di una varietà di specie che vadano a formare una nuova comunità è un fattore positivo, soprattutto quando le ricadute sulla biodiversità possono interessare anche gli aspetti faunistici (avifauna e insetti);
- Estetica. La composizione estetica del rain garden riguarda gli accostamenti delle diverse piante, la tessitura del fogliame, l'epoca e il colore delle fioriture. Una composizione paesaggistica efficace dell'insieme sarà senz'altro esteticamente più gradevole, andando a rafforzare i servizi ecosistemici connessi.

10. Stima delle portate critiche e dimensionamento delle tubazioni

La stima delle portate critiche e la verifica dimensionamento delle tubazioni è stata effettuata con Tr = 50 anni.

La determinazione delle portate critiche della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è stata condotta valutando l'area d'influenza di ogni singolo elemento idraulico (caditoia/griglia), in funzione della pendenza reale di deflusso delle acque. La posizione degli elementi idraulici è riportata all'interno delle planimetrie generali delle reti di smaltimento acque bianche, facenti parte della documentazione progettuale. In allegato 4 si riporta lo schema di calcolo impiegato per il dimensionamento delle reti di smaltimento delle acque bianche.

La stima del valore del coefficiente di afflusso è molto importante ai fini della stima della portata critica, in quanto definisce la reale quantità d'acqua che fluisce alla rete esaminata. Nel caso in esame è stato considerato un coefficiente omogeneo per le aree impermeabili pari a 1,0, mentre per le aree semipermeabili pari a 0,7.

Per il calcolo delle portate critiche è stata utilizzata la "Formula Razionale Corretta" [tc[h]=te+tr/2], utilizzando come metodo di trasformazione afflussi-deflussi il metodo di corrivazione. A partire dalla maglia della rete e di tutte le grandezze geometriche necessarie, è stato possibile determinare i valori delle portate critiche attese con T = 50 anni utilizzato per le successive verifiche. Si precisa infatti che il dimensionamento della rete di smaltimento è stato effettuato nella relazione idraulica allegata la progetto. In tale sede si verificherà che il dimensionamento effettuato fosse coerente con il periodo di ritorno di 50 anni come richiesto dal regolamento. In allegato 5 sono riportate le aree di drenaggio e i relativi valori delle portate critiche determinati.

La verifica delle tubazioni a pelo libero è stata eseguita utilizzando la formula di Chezy. La scelta progettuale ha optato per l'impiego di tubazioni in PVC con classe di carico SN8 per condotte di scarico interrate di acque civili, contrassegnate ogni metro con marchio del produttore, diametro, data di produzione e simbolo IIP e di diametro variabile a seconda del tratto considerato.

Le tabelle riportate nelle pagine seguenti mostrano i valori di riempimento (h/D) e di velocità (v) attesi all'interno dei diversi rami delle dorsali. Dalle analisi emerge come, in tutti i casi, il grado riempimento sia sempre minore o prossimo al 50%. Dall'analisi dei dati emerge anche come i valori di velocità sempre inferiori a 5 m/s e maggiori, comunque, del valore di 0,5 m/s.

È pertanto possibile affermare che i valori relativi al dimensionamento delle tubazioni risultino in linea con i requisiti stabiliti dalle normative tecniche anche con periodo di ritorno di 50 anni.

È importante infine sottolineare che, trattandosi di tubazioni posate prevalentemente con pendenza ridotta (considerata pari allo 0,5%), è opportuno prevedere periodici interventi manutentivi sulla rete, al fine di escludere possibili otturazioni che possano limitare, o addirittura ostacolare, il regolare deflusso delle acque. Sarà buona norma in fase realizzativa cercare di incrementare il più possibile i valori di pendenza delle tubazioni al fine di agevolare lo smaltimento delle acque per gravità.

Per ulteriori dettagli circa lo schema della rete di smaltimento con i relativi codici identificativi dei diversi rami si rimanda all'allegato 4 ed alle tavole grafiche allegate al progetto, mentre per tutti i valori relativi al dimensionamento si rimanda all'allegato 6.

11. Verifiche idrauliche dei franchi idraulici di sicurezza

Come previsto dal regolamento e come richiesto dall'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato, si è provveduto ad effettuare la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate e come di seguito descritte:

- verifica che le tubazioni sia in grado di smaltire le portate in ingresso con T = 100 anni;
- verifica che il volume del sistema di scarico sia in grado di sopperire all'onda di piena con T = 100 anni.

Tale verifica mira a valutare che, in presenza di un evento con T = 100 anni, non si determino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

11.1. Verifica sulle tubazioni

Tale verifica mira a verificare che le tubazioni precedentemente dimensionate siano in grado di smaltire anche le portate in ingresso con T = 100 anni.

A partire dall'analisi grafica effettuata in precedenza che ha determinato le aree d'influenza di ogni singola elemento idraulico ed il relativo coefficiente di deflusso, sono state determinate le portate critiche della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche applicando l'intensità pluviometrica corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Per il calcolo delle portate critiche è stata utilizzata nuovamente la *"Formula Razionale Corretta" [tc[h]=te+tr/2]*, utilizzando sempre come metodo di trasformazione afflussi-deflussi il metodo di corrivazione. Nelle tabelle riportate in allegato 7 si riportano le portate utilizzate per la verifica della rete in oggetto con T = 100 anni. La verifica delle tubazioni a pelo libero è stata eseguita utilizzando sempre la formula di Chezy e verificando i diametri precedentemente calcolati, tratto per tratto.

Le tabelle riportate in allegato 8 mostrano i valori di riempimento (h/D) e di velocità (v) attesi all'interno dei diversi rami delle dorsali con T = 100 anni. Dalle analisi emerge come, in tutti i casi, il grado riempimento massimo sia sempre minore o prossimo al 70% e i valori di velocità sempre inferiori a 5 m/s e maggiori, comunque, del valore di 0,5 m/s. È pertanto possibile affermare che i valori relativi alla verifica idraulica di sicurezza siano in linea con i requisiti stabiliti dalle normative tecniche e con le prescrizioni dell'Ente Gestore.

11.2. Verifica del volume della rete di scarico

Tale verifica mira a verificare che l'intero sistema di scarico sia in grado di laminare il picco di piena corrispondente ad un T = 100 anni, garantendo che non si verifichino esondazioni.

La metodologia di calcolo impiegata risulta essere la medesima di quella descritta per il dimensionamento dell'invaso di laminazione, al quale si rimanda per tutti i dettagli in merito alla procedura di calcolo ed ai parametri di calcolo utilizzati.

Di seguito in maniera speditiva si riportano gli elementi ricavati per la verifica:

- ietogramma lordo e netto in rapporto al periodo di ritorno considerato;
- stima dell'idrogramma di piena in ingresso e dell'ingromma in uscita;
- calcolo dei volumi cumulati e del volume invasato.

Anche in tal caso per determinare il volume di laminazione necessario per garantire l'accumulo del deflusso creatosi a seguito di eventi meteorici, si è provveduto a "tagliare" l'idrogramma delle portate in ingresso con l'idrogramma delle portate in uscita, costante nel tempo e pari alla portata massima infiltrata dal sistema disperdente.

I punti significativi del grafico dei volumi sotto:

- il punto di massimo del volume invasato, che rappresenta il volume di laminazione richiesto;
- il punto di intersezione della curva con l'asse delle ascisse, che rappresenta il tempo di svuotamento dell'invaso.

Il volume di laminazione richiesto per la verifica con T = 100 anni sarà garantito dai seguenti contributi:

- volume di laminazione ricreato con i pozzi disperdenti;
- rete di scarico composta da tubazioni di diverso diametro;

I diagrammi riportati in allegato 8 mostrano la procedura di verifica effettuata con T = 100 anni. Come si evince dalla loro analisi i valori richiesti dal processo di laminazione con piena centennale sono sempre inferiori rispetto al volume realizzato (si veda anche tabella riepilogativa in allegato 1).

Ne consegue che anche in tal caso la verifica risulta soddisfatta e che il sistema è in grado di laminare il picco di piena corrispondente ad un periodo di 100 anni senza che si verifichino esondazioni o allagamenti delle aree esterne.

12. Piano d'uso e di manutenzione degli interventi (art. 38 - D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

La manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli interventi ordinari, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli interventi straordinari, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente a eventi meteorici o di altra natura (per esempio sversamenti o incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Gli interventi di manutenzione ordinaria che dovranno essere atti anche a mezzo di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti a seguito di ogni evento meteorico che li vede coinvolti sono i seguenti:

- pulizia rifiuti;
- rimozione detriti;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;
- ispezione. controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (es. impianto di sollevamento).

Gli interventi di manutenzione straordinaria da svolgere successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti di drenaggio sono i seguenti:

- pulizia e smaltimento rifiuti;
- rimozione e smaltimento detriti;
- risoluzione di problemi di intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (es. impianto di sollevamento).

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti, occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia ad-hoc in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da operai generici (rimozione detriti), da tecnici esperti (ripristino di impianti di sollevamento) o comunque formati a svolgere mansioni specifiche. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per tale ragione nelle schede di manutenzione dovranno essere indicati anche i nomi dei progettisti e degli esecutori delle opere che potranno, in caso di dubbio, indicare la modalità migliore di intervento nel caso non sia già indicata nel programma periodico.

Tutti i rifiuti asportati durante le operazioni di espurgo dei collettori unitari per acque meteoriche sono classificati "speciali", pertanto dovranno essere trasportati e conferiti presso impianto e/o discariche autorizzate allo smaltimento di tali rifiuti nel completo rispetto delle normative nazionali e regionali vigenti. In particolare, il trasporto deve essere eseguito da ditte autorizzate iscritte in apposito albo per la categoria del rifiuto da trasportare.

Durante gli eventi meteorici più intensi, in particolare se accompagnati da forti raffiche di vento, essendo in presenza di alberi è necessario controllare che le griglie delle caditoie siano in grado di assicurare lo smaltimento delle acque. In caso contrario, è necessario asportare i depositi di foglie dai fori di drenaggio.

Tutti i lavori di manutenzione dovranno essere eseguiti in conformità alle norme antinfortunistiche secondo quanto previsto dal D.Lgs. 294/64 e/o D.Lgs. 494/96 e s.m.i. In particolare, si evidenzia quanto segue:

- i cantieri dovranno opportunamente essere recintati e segnalati al fine di evitare il transito sul luogo di lavoro di persone e automezzi estranei al luogo di lavoro;
- gli operai dovranno essere provvisti di tutte le necessarie protezioni antinfortunistiche quali elmetto, scarpe antinfortunistiche, guanti, cuffie occhiali, tuta da lavoro fluorescente e in particolare di ogni Dispositivo di Protezione Individuale da prevedersi per le singole operazioni;
- gli automezzi e macchine operative da utilizzare sul cantiere dovranno essere conformi alle norme CEE;
- prima dell'inizio di ogni cantiere, se e in quanto previsto dalla norma, dovrà essere compilato il piano di sicurezza fisica dei lavoratori.

Le attività di ispezione, da eseguirsi con cadenza temporale stabilita, sono volte:

- all'accertamento della presenza di materiali sedimentati;
- al controllo delle strutture dei manufatti che non presentino lesioni o deformazioni che possano compromettere la stabilità dell'intera opera;
- al buon funzionamento dei manufatti di raccolta delle acque piovane.

Il piano di manutenzione qui presentato è conforme ai "Criteri Ambientali Minimi" (CAM), contenuti nell'Allegato al D.M. Ambiente dell'11 ottobre 2017. I livelli prestazionali dei CAM prevedono caratteristiche superiori a quelle prescritte dalle leggi nazionali e regionali vigenti, sono finalizzati alla riduzione dei consumi di energia e risorse naturali e mirano al contenimento delle emissioni inquinanti. Gli interventi manutentivi individuati prevedono l'utilizzo di materiali atossici, riciclati e rigenerabili, per la salvaguardia della salute umana e dell'ambiente e per la mitigazione degli impatti climalteranti. Le prestazioni ambientali contenute nel presente paragrafo si riferiscono sia alle specifiche tecniche di base che a quelle premianti contenute nei CAM, tenendo conto anche del monitoraggio e del controllo della qualità dell'aria interna dell'opera.

IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

L'impianto di smaltimento delle acque meteoriche è l'insieme degli elementi tecnici aventi la funzione di allontanare e convogliare le acque meteoriche verso il recapito finale.

Elementi manutenibili dell'impianto di smaltimento delle acque meteoriche:

- **POZZETTI E CADITOIE**
- **TUBAZIONI IN PVC**
- **POZZETTI DI SCARICO**
- **VASCA DI ACCUMULO**
- **POMPE CENTRIFUGHE**
- **SEPARATORE DI OLI E GRASSI (DISOLEATORE)**

A) POZZETTI E CADITOIE

I pozzetti sono dei dispositivi di scarico la cui sommità è costituita da un chiusino o da una griglia e destinati a ricevere le acque reflue attraverso griglie o attraverso tubi collegati al pozzetto. I pozzetti e

le caditoie hanno la funzione di convogliare, per lo smaltimento, le acque meteoriche provenienti dalle strade.

Modalità di uso corretto

Controllare la funzionalità dei pozzetti e delle caditoie e eliminare eventuali depositi e detriti di foglie e altre ostruzioni che possono compromettere il corretto deflusso delle acque meteoriche. È necessario verificare e valutare la prestazione dei pozzetti e delle caditoie durante la realizzazione dei lavori, al termine dei lavori e anche durante la vita del sistema. Le verifiche e le valutazioni comprendono:

- prova di tenuta all'acqua;
- prova di tenuta all'aria;
- prova di infiltrazione;
- esame a vista;
- valutazione della portata in condizioni di tempo asciutto;
- tenuta agli odori.

Un ulteriore controllo può essere richiesto ai produttori facendo verificare alcuni elementi quali l'aspetto, le dimensioni, i materiali, la classificazione in base al carico.

Manutenzione

- I pozzetti e i relativi dispositivi di tenuta devono garantire in ogni momento la portata e la pressione richiesti dall'impianto. La portata dei pozzetti viene accertata eseguendo la prova indicata dalla norma UNI EN 1253-2. Il pozzetto deve essere montato in modo da essere ermetico all'acqua che deve entrare solo dalla griglia; la portata è ricavata dal massimo afflusso possibile in conformità ai requisiti specificati nel prospetto 3 della norma UNI EN 1253-1.
- Le caditoie e i relativi dispositivi di tenuta devono essere idonei a impedire fughe dei fluidi assicurando così la durata e la funzionalità nel tempo. La capacità di tenuta delle caditoie e dei pozzetti può essere verificata mediante prova da effettuarsi con le modalità ed i tempi previsti dalla norma UNI EN 1253-2. Montare la scatola sifonica (con uscita chiusa e tutte le entrate laterali sigillate) sul dispositivo di prova; sottoporre la scatola ad una pressione idrostatica di 400 Pa utilizzando le valvole by-pass. Chiudere la serranda e aprire lentamente dopo circa 5 secondi; ripetere fino a quando la scatola non perde più acqua (comunque fino ad un massimo di 5 volte).
- I pozzetti e i relativi dispositivi di tenuta devono essere realizzati in modo da non emettere odori sgradevoli. L'ermeticità degli elementi può essere accertata effettuando la prova indicata dalla norma UNI EN 1253-2. Riempire la scatola sifonica con acqua ad una pressione di 200 Pa; dopo 15 minuti verificare eventuali perdite di acqua (evidenziate dalla diminuzione della pressione statica) ed interrompere la prova se dopo 2 minuti la pressione non si è stabilizzata.
- Le caditoie e i relativi dispositivi di tenuta devono essere facilmente pulibili per assicurare la funzionalità dell'impianto. Per la verifica della facilità di pulizia si effettua una prova così come descritto dalla norma UNI EN 1253-2. Immettere nel pozzetto, attraverso la griglia, 200 cm^3 di perline di vetro del diametro di 5 mm a una velocità costante e uniforme per 30 sec. Continuando ad alimentare l'acqua per ulteriori 30 secondi bisogna misurare il volume in cm^3 delle perline di vetro uscite dal pozzetto. La prova deve essere eseguita per tre volte per ogni velocità di mandata e deve essere considerata la media dei tre risultati ottenuti per ciascuna prova.
- I pozzetti e i relativi dispositivi di tenuta devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture se sottoposti all'azione di temperature elevate o a sbalzi delle stesse. La capacità di resistere alle temperature e/o agli sbalzi delle stesse dei pozzetti viene accertata con la prova descritta dalla norma UNI EN 1253-2. Secondo tale prova si fa entrare l'acqua attraverso la griglia o attraverso l'entrata laterale nel seguente modo:

- 0,5 l/s di acqua calda alla temperatura di 93 °C per circa 60 secondi;
- pausa di 60 secondi;
- 0,5 l/s di acqua fredda alla temperatura di 15 °C per 60 secondi;
- pausa di 60 secondi.

Ripetere questo ciclo per 1500 volte o in alternativa per 100 h. La prova viene considerata valida se non si verificano deformazioni o variazioni dall'aspetto della superficie dei componenti.

- Le caditoie e i pozzetti devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture sotto l'azione di determinate sollecitazioni in modo da garantire la funzionalità dell'impianto. I pozzetti sono classificati in base alla loro resistenza al carico nelle seguenti classi:
  - H 1,5 (per tetti piani non praticabili);
  - K 3 (aree senza traffico veicolare);
  - L15 (aree con leggero traffico veicolare);
  - M 125 (aree con traffico veicolare).

B) TUBAZIONI IN PVC

I tubi in lega polimerica PVC-A sono costituiti da una lega di cloruro di polivinile e cloruro di polietilene. Il tubo realizzato con tale composto presenta numerosi vantaggi:

- consente di usare diametri inferiori grazie ai bassi spessori delle pareti;
- offre una elevata resistenza chimica unitamente ad una grande resistenza meccanica e all'urto;
- è facile da posare per effetto dei pesi ridotti;
- presenta una giunzione che richiede poca spinta e nessun intervento di saldatura o rivestimento.

Modalità di uso corretto

Le superfici interne e esterne dei tubi e dei raccordi devono essere lisce, pulite e esenti da cavità, bolle, impurità, porosità e qualsiasi altro difetto superficiale. Le estremità dei tubi e dei raccordi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse. I tubi e i raccordi devono essere uniformemente colorati attraverso il loro intero spessore. Il colore raccomandato dei tubi e dei raccordi è il grigio.

Manutenzione

- Le tubazioni in polivinile devono essere realizzate con materiali privi di impurità. Per quanto riguarda la resistenza agli sbalzi di temperatura, le tubazioni e i relativi complementi non devono subire disgregazioni o dissoluzioni se sottoposti all'azione di temperature elevate. In particolare, deve verificarsi un ritiro longitudinale del tubo minore del 5% e non deve mostrare bolle o crepe.
- Per quanto riguarda la resistenza all'urto, le tubazioni devono essere in grado di resistere a sforzi che si verificano durante il funzionamento.

C) POZZETTI DI SCARICO

Sono generalmente di forma circolare e vengono prodotti in due tipi adatti alle diverse caratteristiche del materiale trattenuto. Quasi sempre il materiale trattenuto è grossolano, quindi è sufficiente un apposito cestello forato, fissato sotto la caditoia, che lascia scorrere soltanto l'acqua; se è necessario trattenere sabbia e fango, che passerebbero facilmente attraverso i buchi del cestello, occorre far ricorso ad una decantazione in una vaschetta collocata sul fondo del pozzetto. Il pozzetto con cestello-filtro è formato da vari pezzi prefabbricati in calcestruzzo: un pezzo base ha l'apertura per lo scarico di fondo con luce di diametro 150 mm e modellato a bicchiere, il tubo di allacciamento deve avere la punta liscia verso il pozzetto. Al di sopra del pezzo base si colloca il fusto cilindrico e sopra a questo un pezzo ad anello che fa da appoggio alla caditoia. Il cestello è formato da un tronco di cono in lamiera zincata con il fondo pieno e la parete traforata uniti per mezzo di chiodatura, saldatura, piegatura degli orli o

flangiatura. Il pozzetto che consente l'accumulo del fango sul fondo ha un pezzo base a forma di catino, un pezzo cilindrico intermedio, un pezzo centrale con scarico a bicchiere del diametro di 150 mm, un pezzo cilindrico superiore senza sporgenze e l'anello d'appoggio per la copertura.

Modalità di uso corretto

È necessario verificare e valutare la prestazione dei pozzetti durante la realizzazione dei lavori, al termine dei lavori e anche durante la vita del sistema. Le verifiche e le valutazioni comprendono per esempio:

- prova di tenuta all'acqua;
- prova di tenuta all'aria;
- prova di infiltrazione;
- esame a vista;
- valutazione della portata in condizioni di tempo asciutto;
- tenuta agli odori.

Manutenzione

- I pozzetti di scarico devono essere idonei a impedire fughe dei fluidi assicurando così la durata e la funzionalità nel tempo. La capacità di tenuta può essere verificata mediante prova da effettuarsi con le modalità e i tempi previsti dalla norma UNI EN 1253-2, sottoponendo il pozzetto ad una pressione idrostatica a partire da 0 bar fino a 0,1 bar. La prova deve essere considerata superata con esito positivo quando, nell'arco di 15 minuti, non si verificano fuoriuscite di fluido.
- I pozzetti devono essere facilmente pulibili per assicurare la funzionalità dell'impianto. Per la verifica della facilità di pulizia si effettua una prova così come descritto dalla norma UNI EN 1253-2. Si monta il pozzetto completo della griglia e si versa nel contenitore per la prova acqua fredda a 15-10 °C alla portata di 0,2 l/s, 0,3 l/s, 0,4 l/s e 0,6 l/s. In corrispondenza di ognuna delle portate, immettere nel pozzetto, attraverso la griglia, 200 cm^3 di perline di vetro del diametro di 5 +/- 0,5 mm e della densità da 2,5 g/cm^3 a 3,0 g/cm^3, a una velocità costante e uniforme per 30 sec. Continuare ad alimentare l'acqua per ulteriori 30 sec. e misurare il volume in cm^3 delle perline di vetro uscite dal pozzetto. Eseguire la prova 3 volte per ogni velocità di mandata. Deve essere considerata la media dei 3 risultati.
- Per quanto riguarda la resistenza meccanica, i pozzetti devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture sotto l'azione di determinate sollecitazioni. La resistenza meccanica di caditoie e pozzetti può essere verificata mediante prova da effettuarsi con le modalità e i tempi previsti dalla norma UNI EN 1253. Non devono prodursi alcuna incrinatura o frattura prima del raggiungimento del carico di prova. Inoltre, nel caso di pozzetti o di scatole sifoniche muniti di griglia o di coperchio in ghisa dolce, acciaio, metalli non ferrosi, plastica oppure in una combinazione di tali materiali con il calcestruzzo, la deformazione permanente non deve essere maggiore dei valori elencati dalla norma suddetta. Per le griglie deve essere applicato un carico di prova P di 0,25 kN e la deformazione permanente f ai 2/3 del carico di prova non deve essere maggiore di 2,0 mm.

D) VASCA DI ACCUMULO

La vasca di accumulo in progetto ha la funzione di ridurre le portate di punta per mezzo dell'accumulo temporaneo delle acque meteoriche all'interno del sistema.

Modalità di uso corretto

I problemi che generalmente possono essere riscontrati per questi sistemi sono l'accumulo di sedimenti e l'ostruzione dei dispositivi di regolazione del flusso. Quando si verifica un'ostruzione l'improvvisa eliminazione della stessa può avere un impatto inaccettabile sugli impianti di trattamento delle acque di scarico pertanto bisogna procedere alla rimozione graduale della stessa. Per eliminare tali

inconvenienti e ottimizzare la rimozione dei sedimenti possono essere apportate delle modifiche alla struttura delle vasche per mezzo di rivestimenti a basso attrito o modificando il fondo o creando dei canali di scorrimento o utilizzando apparecchi meccanici all'interno delle vasche per rimuovere periodicamente i sedimenti.

Manutenzione
La vasca di accumulo deve essere realizzata in modo da non produrre o consentire l'emissione di odori sgradevoli. L'ermeticità degli elementi può essere accertata effettuando la prova indicata dalla norma UNI EN 752.

E) POMPE CENTRIFUGHE

Le pompe con motore elettrico vengono collocate a quota più elevata rispetto al livello liquido della vasca di aspirazione. Si utilizza un minimo di due pompe fino ad un massimo di otto e più all'aumentare della potenza installata. L'utilizzo di più pompe serve a ottenere una notevole elasticità di esercizio facendo funzionare soltanto le macchine di volta in volta necessarie. Le pompe sono formate da una girante fornita di pale che imprime al liquido un movimento di rotazione, un raccordo di entrata convoglia il liquido dalla tubazione di aspirazione alla bocca di ingresso della girante.

Modalità di uso corretto
Una copia del manuale di istruzioni deve essere acclusa alla consegna; tale manuale di istruzioni deve comprendere le informazioni relative alla sicurezza per la pompa o per il gruppo di pompaggio, nonché per qualsiasi apparecchio ausiliario fornito e nel caso in cui siano necessarie per ridurre i rischi durante l'uso:

- generalità;
- trasporto ed immagazzinaggio intermedio;
- descrizione della pompa o del gruppo di pompaggio;
- installazione/montaggio;
- messa in servizio, funzionamento e arresto;
- manutenzione ed assistenza post-vendita;
- guasti; cause e rimedi;
- documentazione relativa.

Possono essere fornite informazioni aggiuntive.

Manutenzione

- I componenti delle stazioni di pompaggio devono essere dotati di collegamenti equipotenziali con l'impianto di terra per evitare alle persone qualsiasi pericolo di folgorazioni per contatto diretto, secondo quanto prescritto dalla norma tecnica. L'apparecchiatura elettrica di un gruppo di pompaggio deve soddisfare i requisiti imposti dalla normativa.
- Le pompe ed i relativi accessori devono essere dotati di dispositivi di protezione per evitare danni alle persone. I mezzi di protezione (barriere per la prevenzione del contatto con le parti in movimento, fermi di fine corsa, ripari) devono essere, a seconda del tipo, conformi alle norme tecniche.
- La pompa con tutti gli accessori completamente montati non deve emettere un livello di rumore superiore a quello consentito dalla norma. Le misurazioni del rumore devono essere effettuate in conformità alle norme tecniche.

F) SEPARATORE DI OLI E GRASSI (DISOLEATORE)

I disoleatori hanno la funzione di separare gli oli e i grassi presenti nelle acque nonché di trattenere eventuali altri materiali più leggeri presenti nell'acqua; possono realizzati con struttura in cemento vibrato, in ghisa o in materiale plastico (PEAD polietilene ad alta densità).

Modalità di uso corretto

Questi impianti devono essere realizzati in modo tale che non possa fuoriuscire acqua contaminata. I disoleatori possono essere dotati di sistema di allarme per avvisare quando la vaschetta di raccolta degli oli risulta piena. Possono essere utilizzati nel trattamento delle acque meteoriche o di lavaggio di: piazzali di sosta, aree di lavaggio automezzi, parcheggi coperti e scoperti, officine meccaniche, carrozzerie, aeroporti, autodromi e depositi ferroviari.

Manutenzione

I disoleatori e i relativi componenti devono garantire la perfetta tenuta per evitare fuoriuscite di materiale inquinante. Essi devono rispondere a quanto indicato dalla norma EN 858 (separatori di oli e benzine) e EN 1825 (separatori di grassi).

13 Sottoprogramma delle prestazioni, degli interventi e dei controlli

Di seguito, per ogni elemento manutenibile sono individuati i requisiti e i controlli necessari a preservare nel tempo le prestazioni ambientali dell'opera, obiettivo che si aggiunge a quelli già previsti per legge (conservazione della funzionalità, dell'efficienza, del valore economico e delle caratteristiche di qualità).

1) *Requisiti acustici*
   Elementi manutenibili: **pompe centrifughe**
   - Requisito: (attitudine al) controllo del rumore prodotto

2) *Requisiti di manutenibilità*
   Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
   - Requisito: pulibilità

   Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
   - Requisito: pulibilità

3) *Requisiti di salvaguardia dell'ambiente*
   Elementi manutenibili: **impianto di smaltimento acque meteoriche**
   - Requisito: Certificazione ecologica

4) *Requisiti di stabilità*
   Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
   - Requisito: (attitudine al) controllo della tenuta
   - Requisito: resistenza alle temperature e a sbalzi di temperatura
   - Requisito: resistenza meccanica

   Elementi manutenibili: **tubazioni in PVC**
   - Requisito: resistenza a sbalzi di temperatura
   - Requisito: resistenza all'urto

   Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
   - Requisito: resistenza meccanica

5) *Requisiti di funzionalità d'uso*
   Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
   - Requisito: (attitudine al) controllo della portata

6) *Requisiti di funzionalità tecnologica*
   Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
   - Requisito: (attitudine al) controllo della tenuta

7) *Requisiti olfattivi*
   Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
   - Requisito: assenza della emissione di odori sgradevoli

   Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
   - Requisito: assenza della emissione di odori sgradevoli

   Elementi manutenibili: **vasca di accumulo**
   - Requisito: assenza della emissione di odori sgradevoli

8) *Utilizzo razionale delle risorse*
   Elementi manutenibili: **impianto di smaltimento acque meteoriche**

- Requisito: utilizzo di materiali e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità

9) Requisiti visivi

Elementi manutenibili: **tubazioni in PVC**

- Requisito: regolarità delle finiture

10) Requisiti di sicurezza d'uso

Elementi manutenibili: **pompe centrifughe**

- Requisito: (attitudine al) controllo delle dispersioni elettriche
- Requisito: (attitudine al) controllo dei rischi

Elementi manutenibili: **separatore di oli e grassi (disoleatore)**

- Requisito: (attitudine al) controllo della tenuta

Sottoprogramma degli interventi.

Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
Pozzetti e caditoie	
Intervento: pulizia	ogni 12 mesi
Tubazioni in PVC	
Intervento: pulizia	ogni 6 mesi
Pozzetti di scarico	
Intervento: pulizia	ogni 12 mesi
Vasca di accumulo	
Intervento: pulizia	quando occorre
Intervento: ripristino rivestimenti	quando occorre
Pompe centrifughe	
Intervento: pulizia	ogni anno
Intervento: revisione generale pompe	ogni anno
Intervento: revisione pompe	ogni 4 anni
Intervento: sostituzione pompe	ogni 20 anni
Separatore di oli e grassi (disoleatore)	
Intervento: svuotamento vaschetta	quando occorre

Sottoprogramma dei controlli.

Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
Pozzetti e caditoie		
Controllo qualità delle acque meteoriche	Analisi	ogni 3 mesi
Controllo generale	Ispezione	ogni 12 mesi
Tubazioni in PVC		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale	Controllo a vista	ogni 12 mesi
Controllo tenuta	Controllo a vista	ogni 12 mesi
Pozzetti di scarico		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi

Controllo generale	Ispezione	ogni 12 mesi
Vasca di accumulo		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale	Ispezione	ogni 6 mesi
Pompe centrifughe		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale delle pompe	Aggiornamento	ogni 6 mesi
Separatore di oli e grassi (disoleatore)		
Controllo efficienza filtri	Ispezione	ogni mese
Verifica generale	Ispezione a vista	ogni 6 mesi

ALLEGATO 1:

DIMENSIONAMENTO

INVARIANZA AI SENSI R.R. 7/2017

- AREE PUBBLICHE -

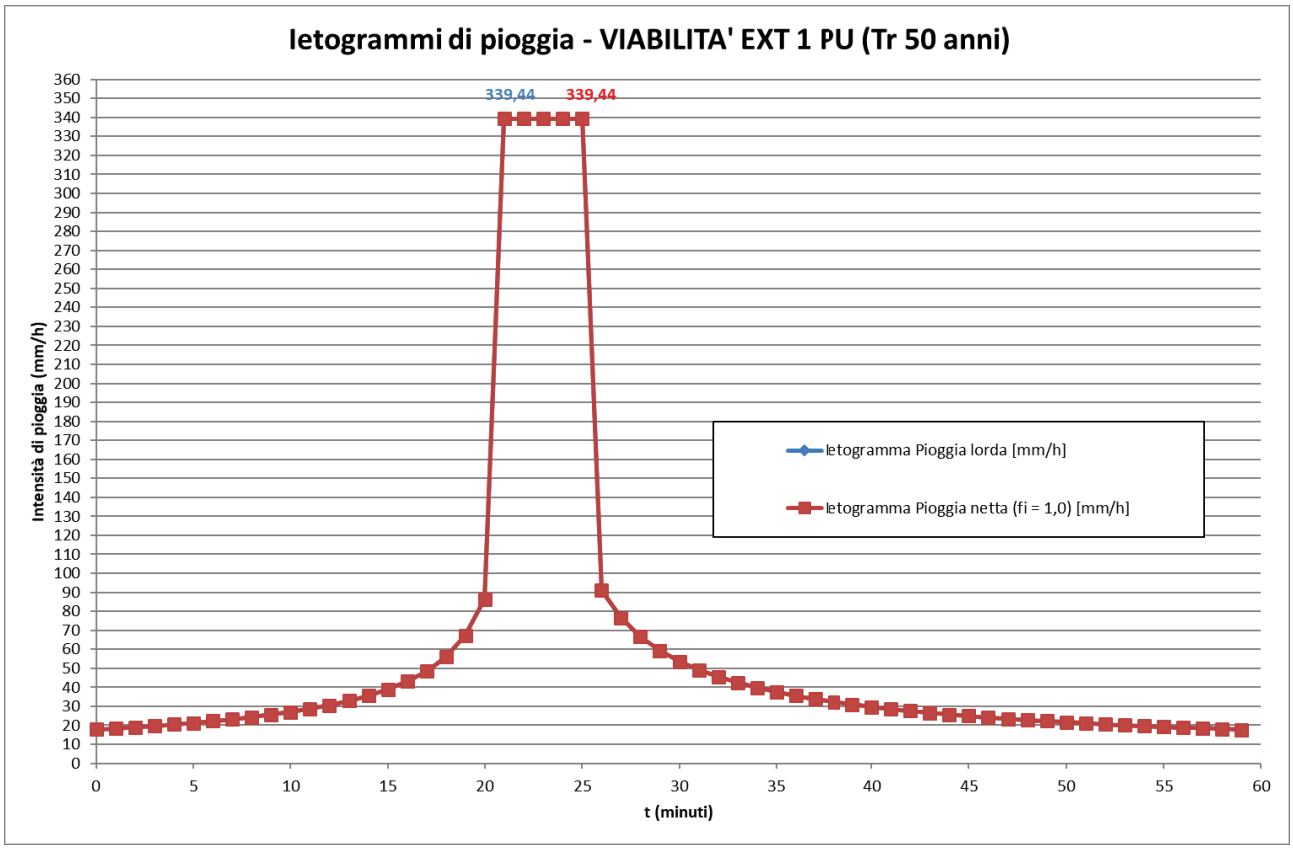
		AREE PUBBLICHE		AREE PUBBLICHE	AREE PUBBLICHE	AREE PUBBLICHE
		VIABILITA' EXT 1	VIABILITA' EXT 2	PARCHEGGI	VERDE URBANO	VERDE STRADALE
S	m^2	2213	4833	3468	1264	174
fi	-	1	1	0,7	0,7	0,7
Qu lim	l/s	2,2	4,8	2,4	0,9	0,1
Wo (da R.R. 7/2017)	m^3	177	387	194	71	10
		177	387	194	71	10
V + 10%	**m^3**	**195**	**387**	**217**	**79**	**11**
Vcalcolo (Tr=50 anni)	**m^3**	**119**	**260**	**131**	**48**	**7**
(processo di laminazione)						
Vcalcolo (Tr=100 anni)	**m^3**	**136**	**297**	**149**	**55**	**8**
(processo di laminazione)						
Vreale garantito	**m^3**	**252**	**312** **75**	**260**	**95**	**13**
Vtotale garantito	**m^3**	**252**	**387**	**260**	**95**	**13**

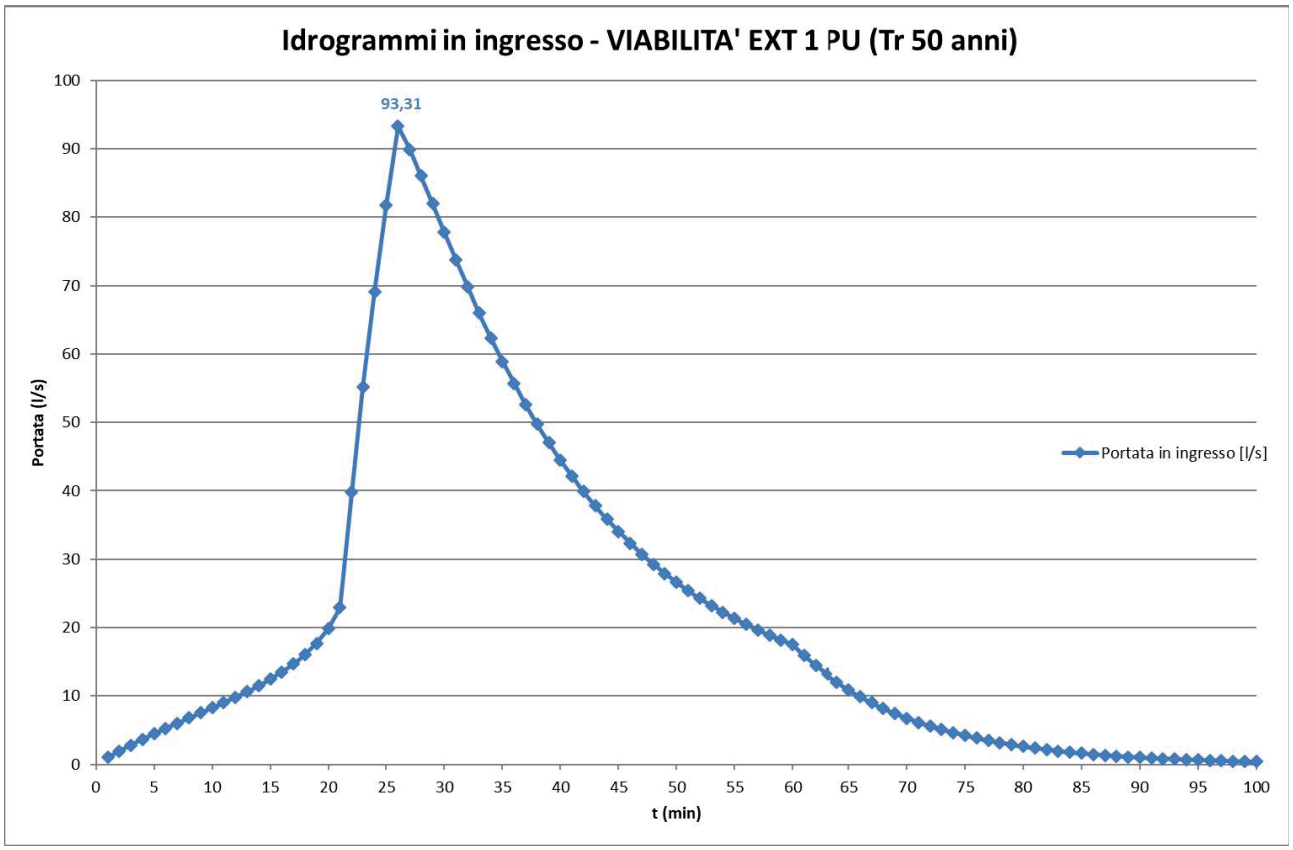
ALLEGATO 2:

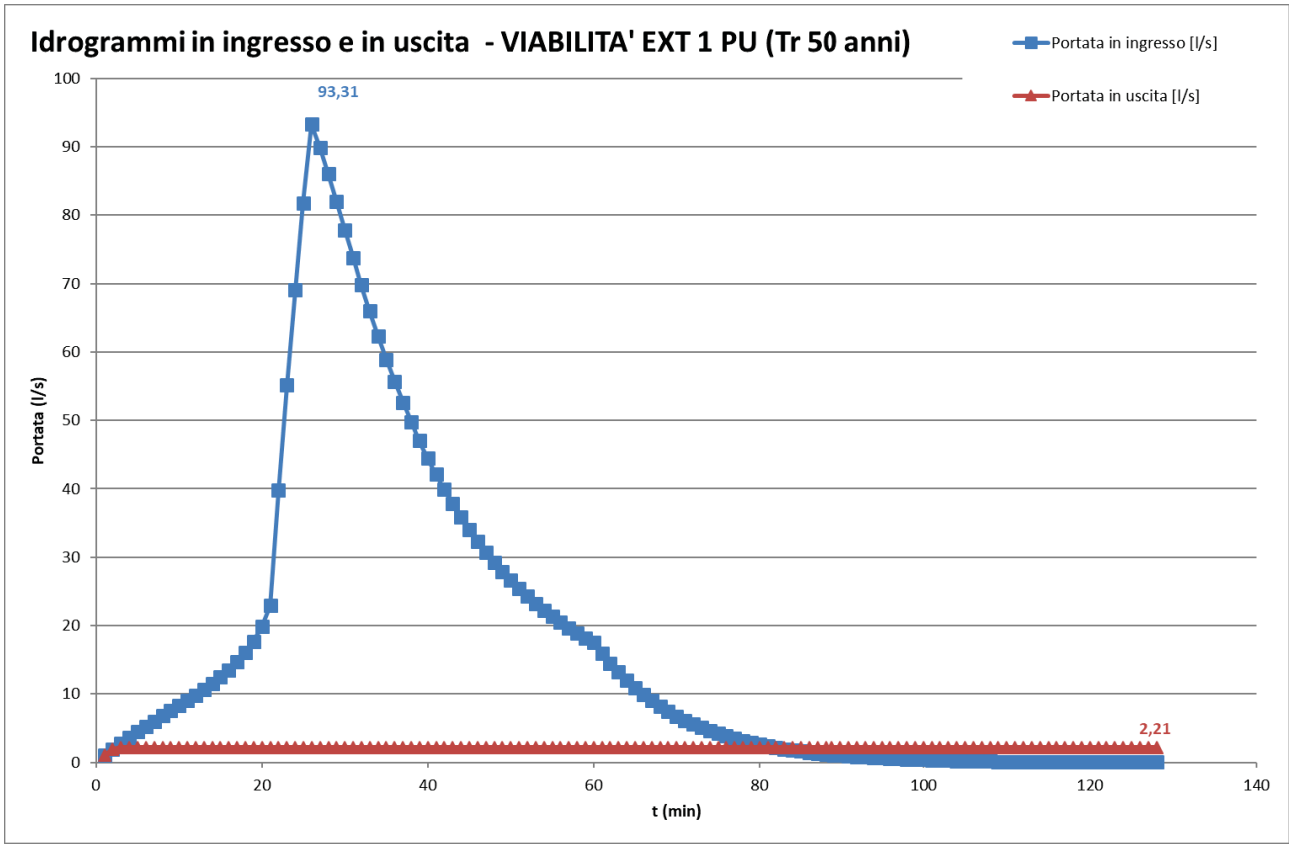
DIMENSIONAMENTO PROCESSO DI LAMINAZIONE CON TR = 50 ANNI

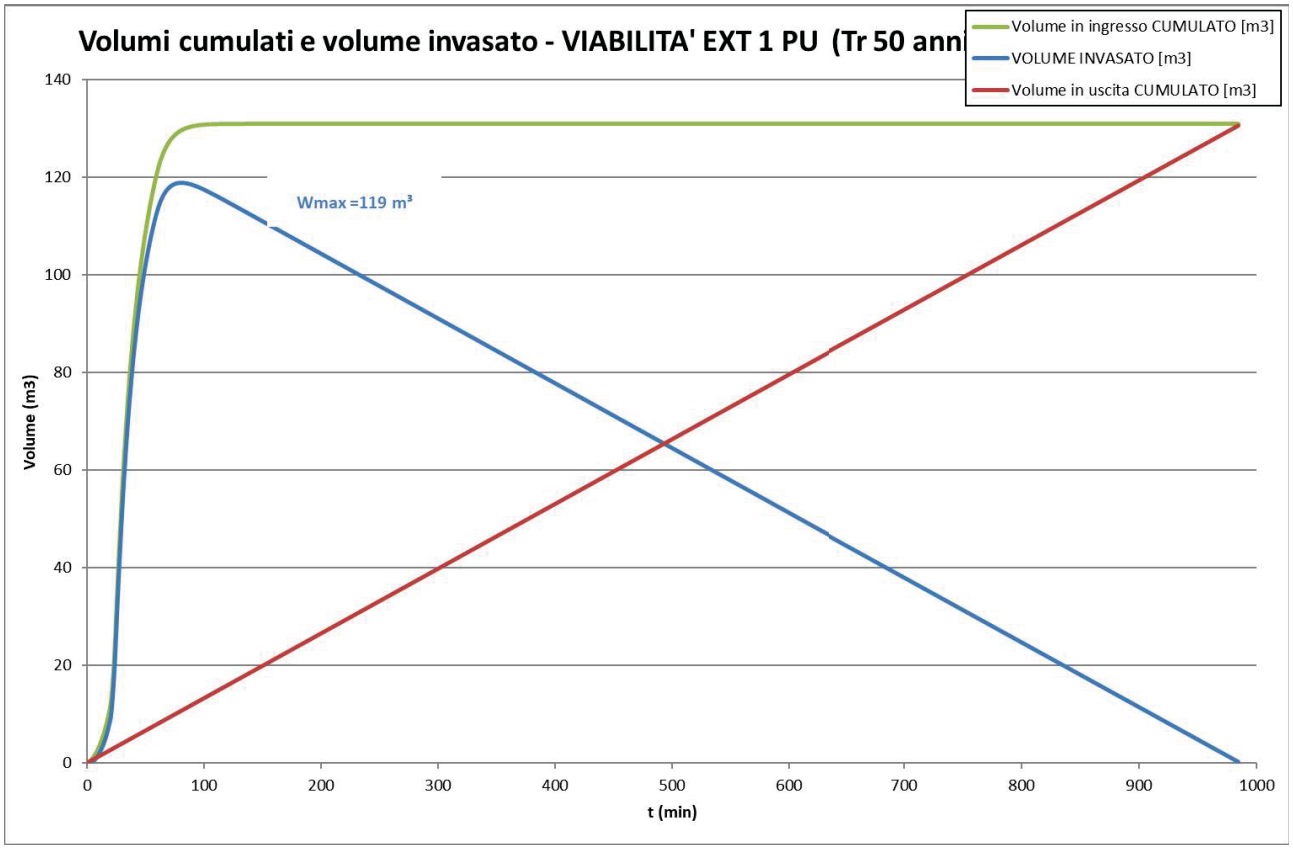
- AREE PUBBLICHE -

AREE PUBBLICHE - VIABILITA' ESTERNE 1 (AREE IMPERMEABILI – φ = 1,0)

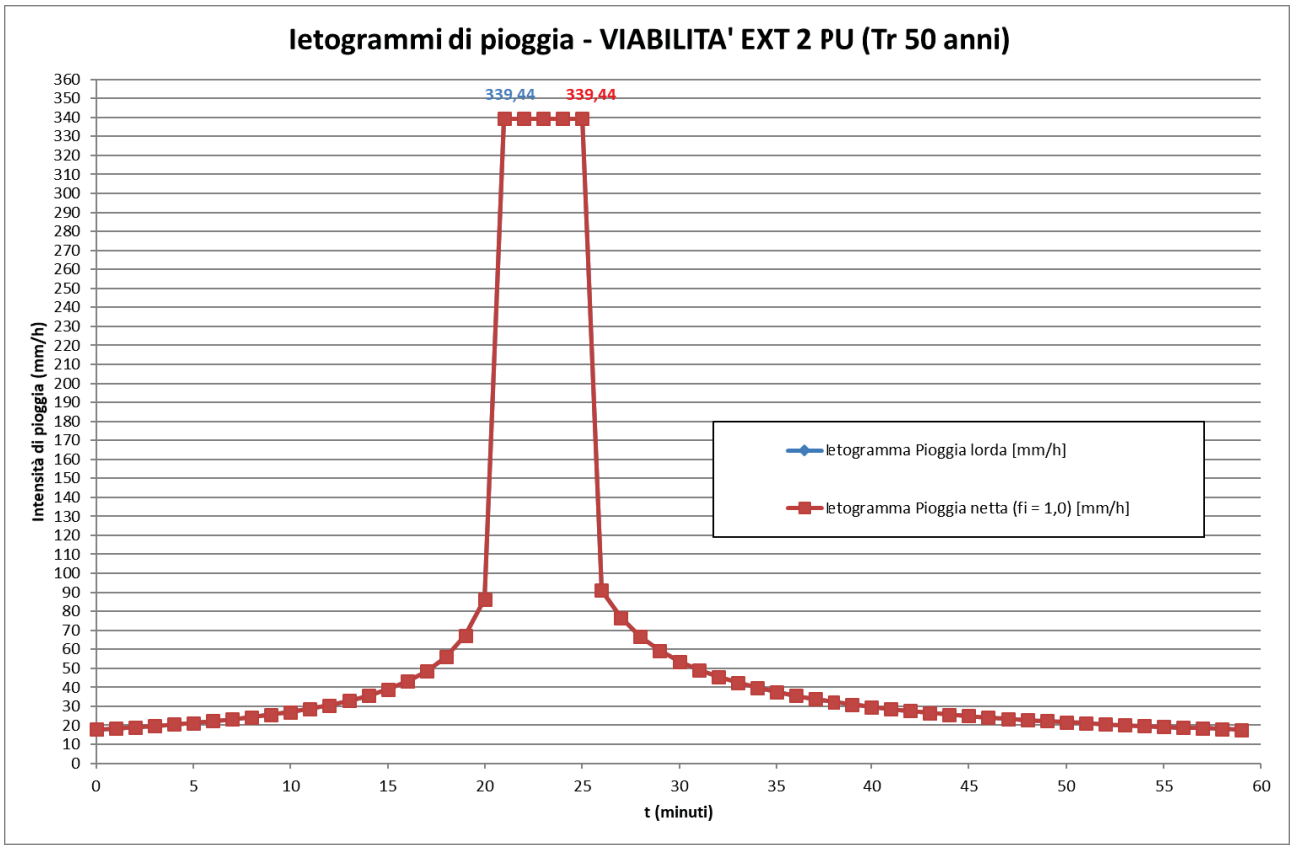


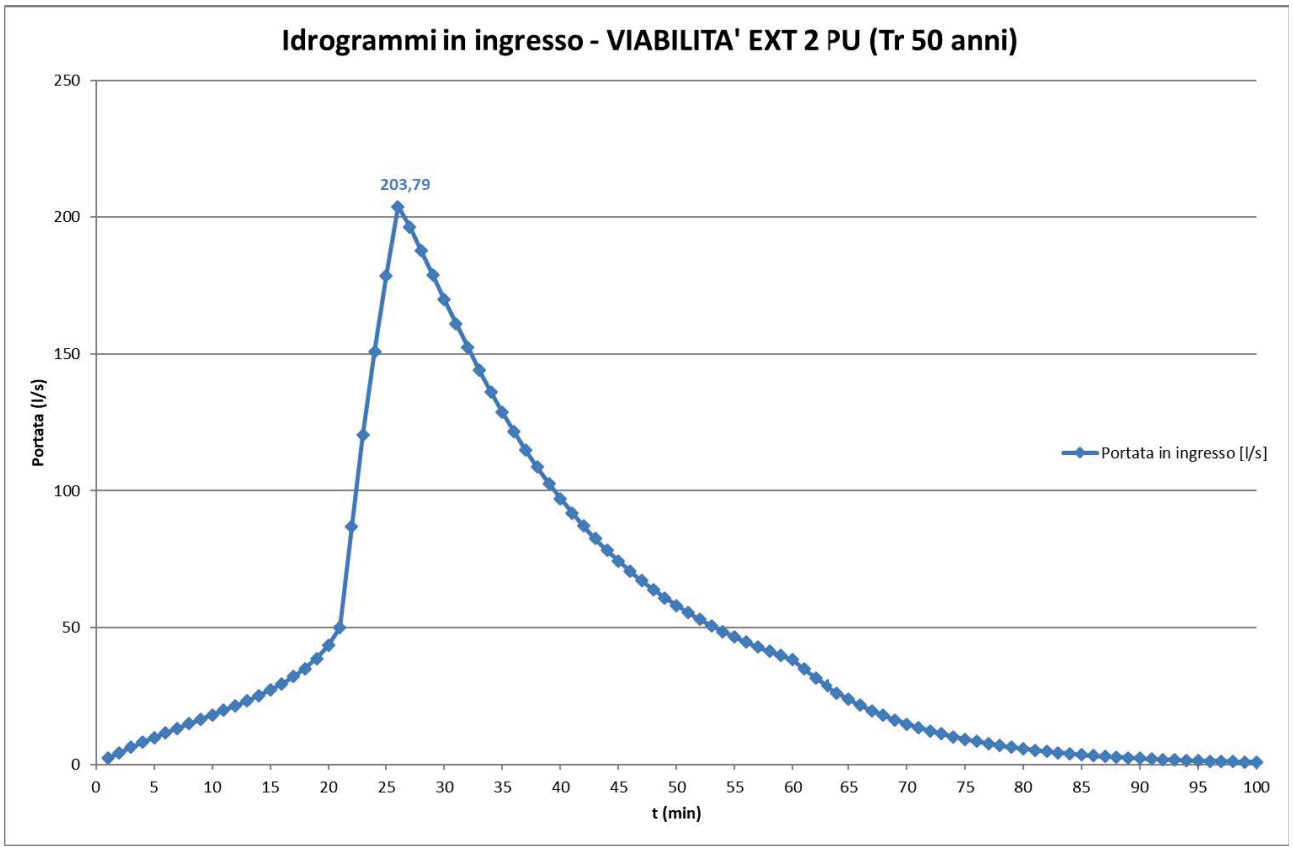


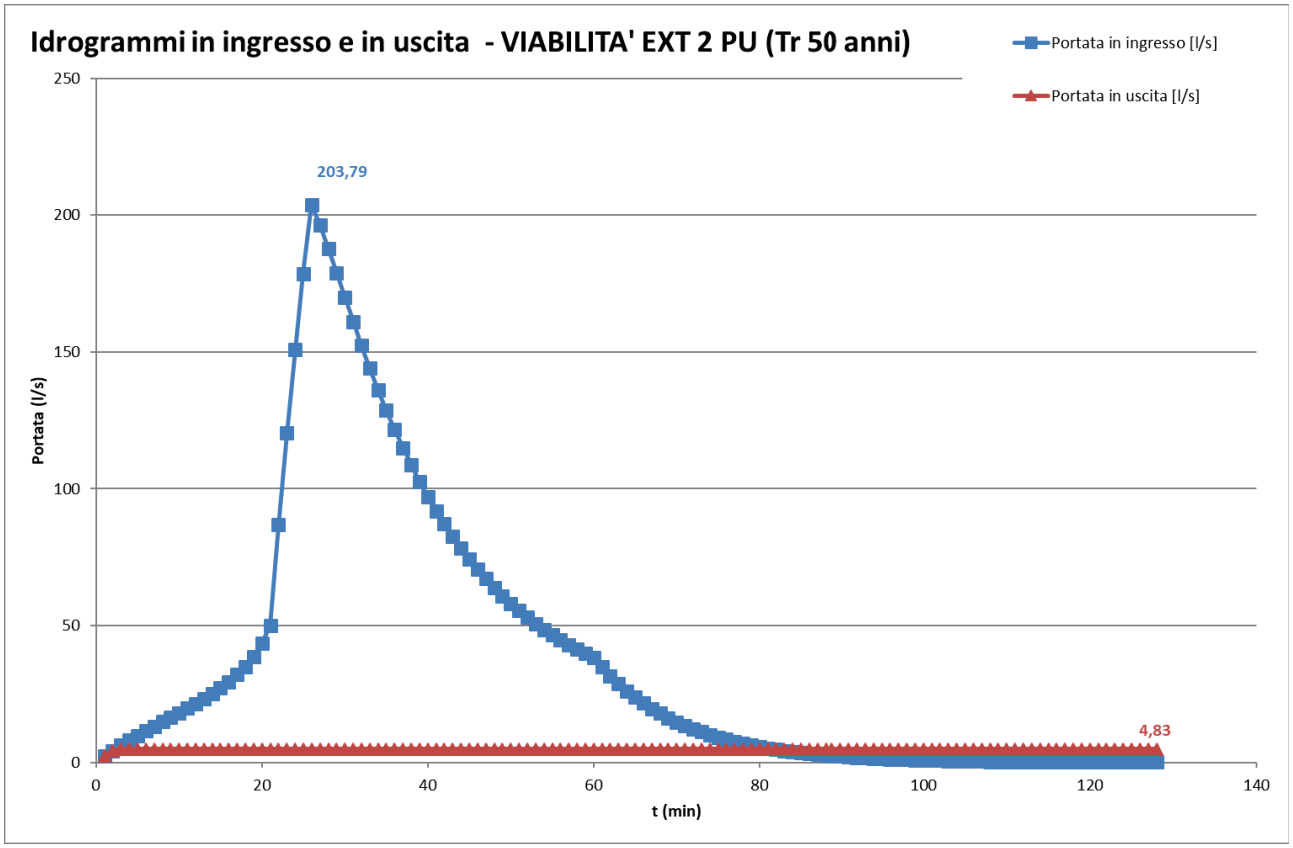

Idrogrammi in ingresso e in uscita - VIABILITA' EXT 1 PU (Tr 50 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
93,31
2,21
Portata (l/s)
t (min)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
20
40
60
80
100
120
140

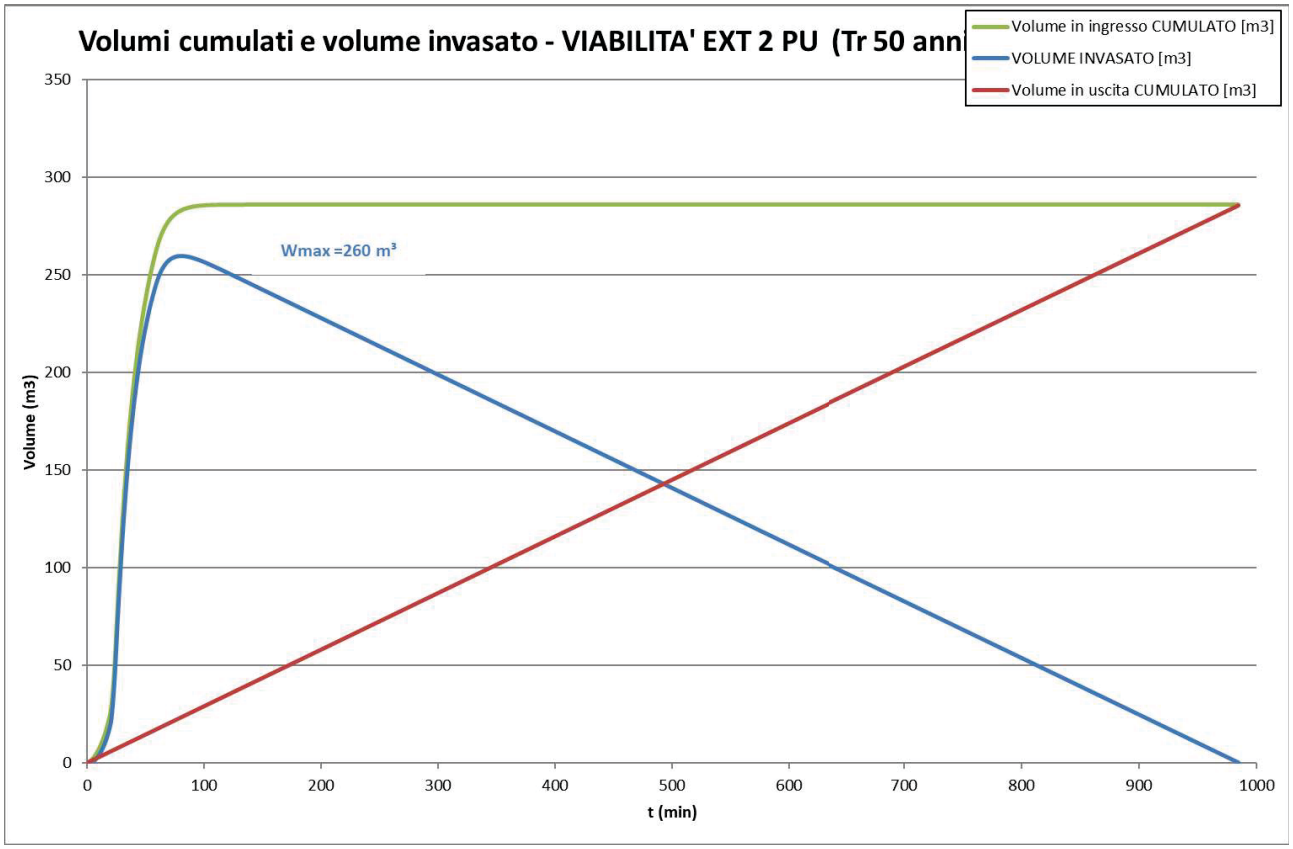

Volumi cumulati e volume invasato - VIABILITA' EXT 1 PU (Tr 50 anni
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =119 m³
Volume (m3)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

AREE PUBBLICHE - VIABILITA' ESTERNE 2 (AREE IMPERMEABILI – φ = 1,0)

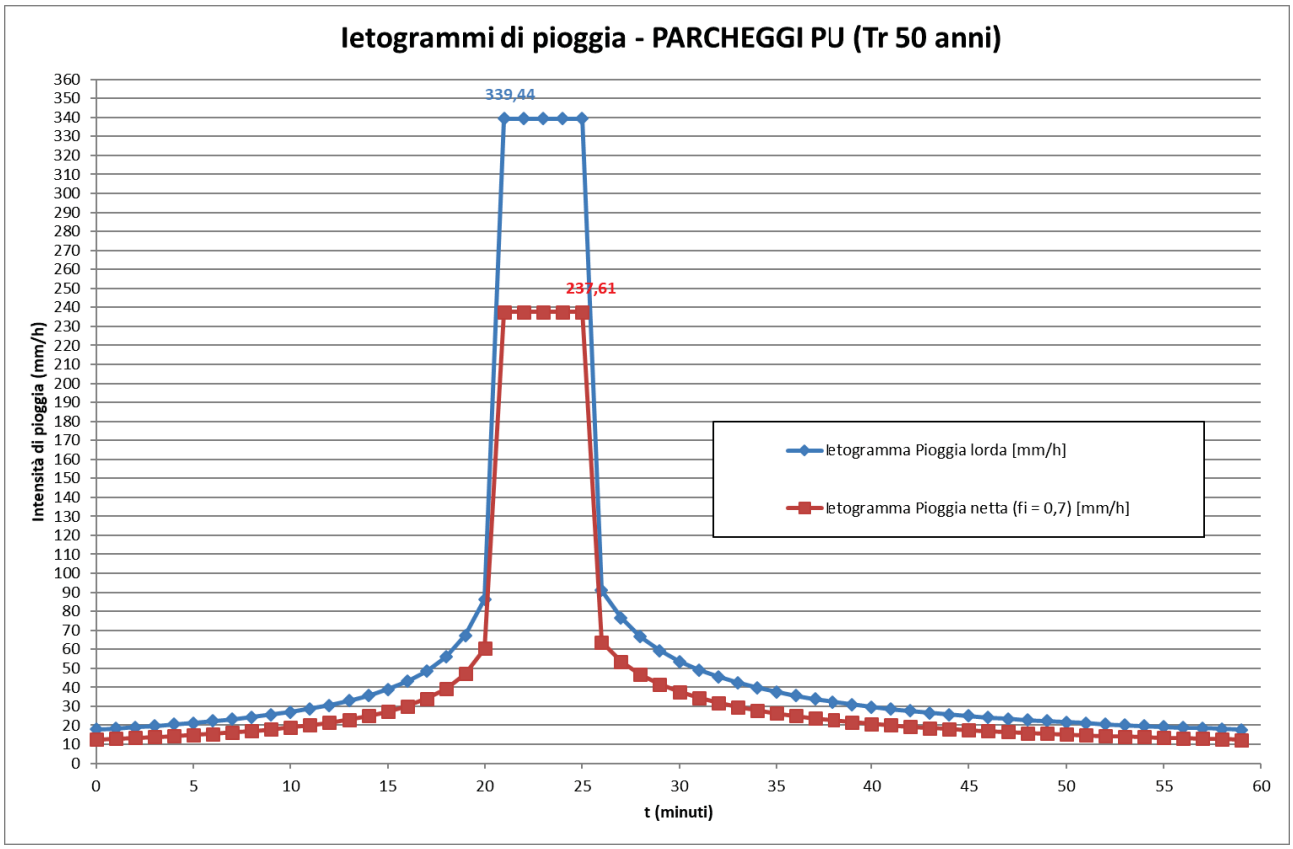


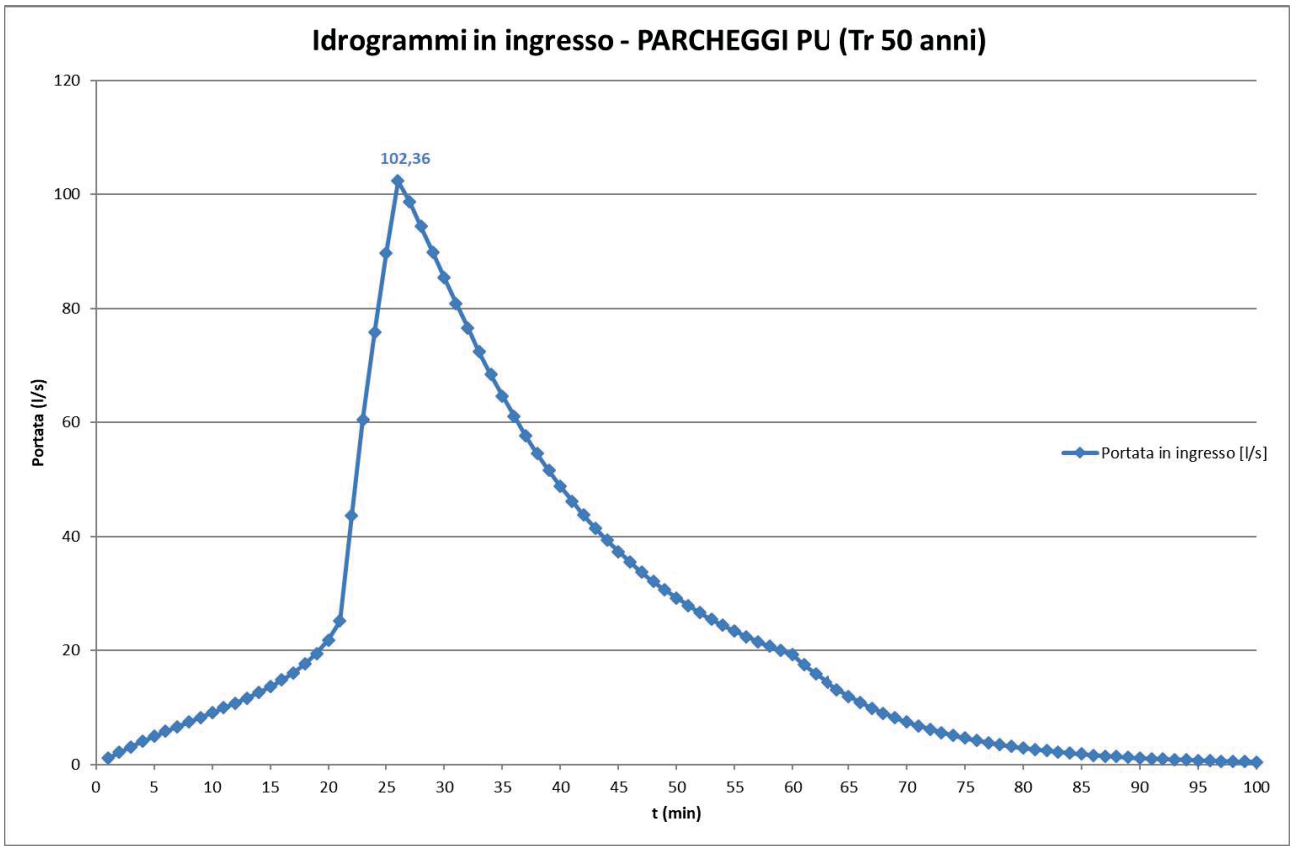


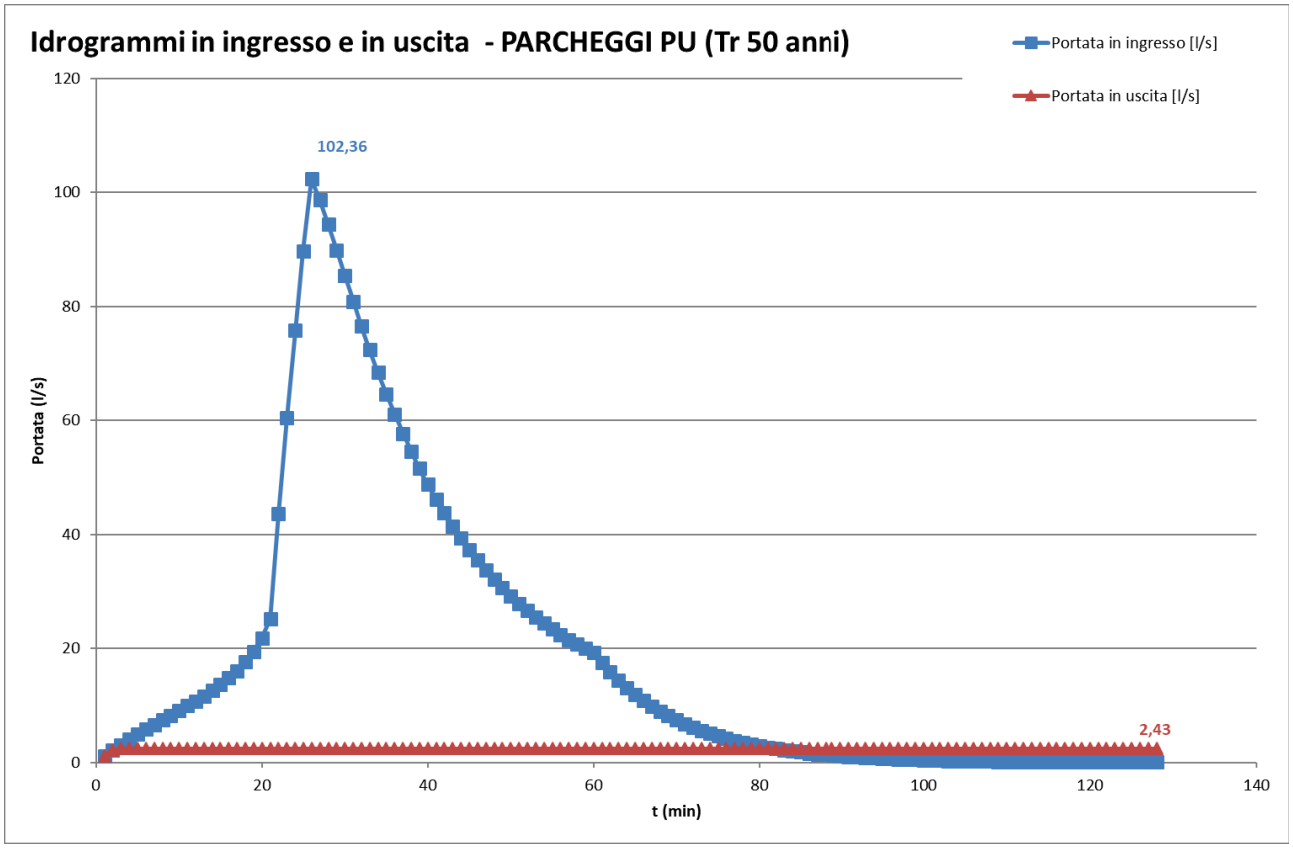

Idrogrammi in ingresso e in uscita - VIABILITA' EXT 2 PU (Tr 50 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
203,79
4,83
Portata (l/s)
t (min)
0
50
100
150
200
250
0
20
40
60
80
100
120
140

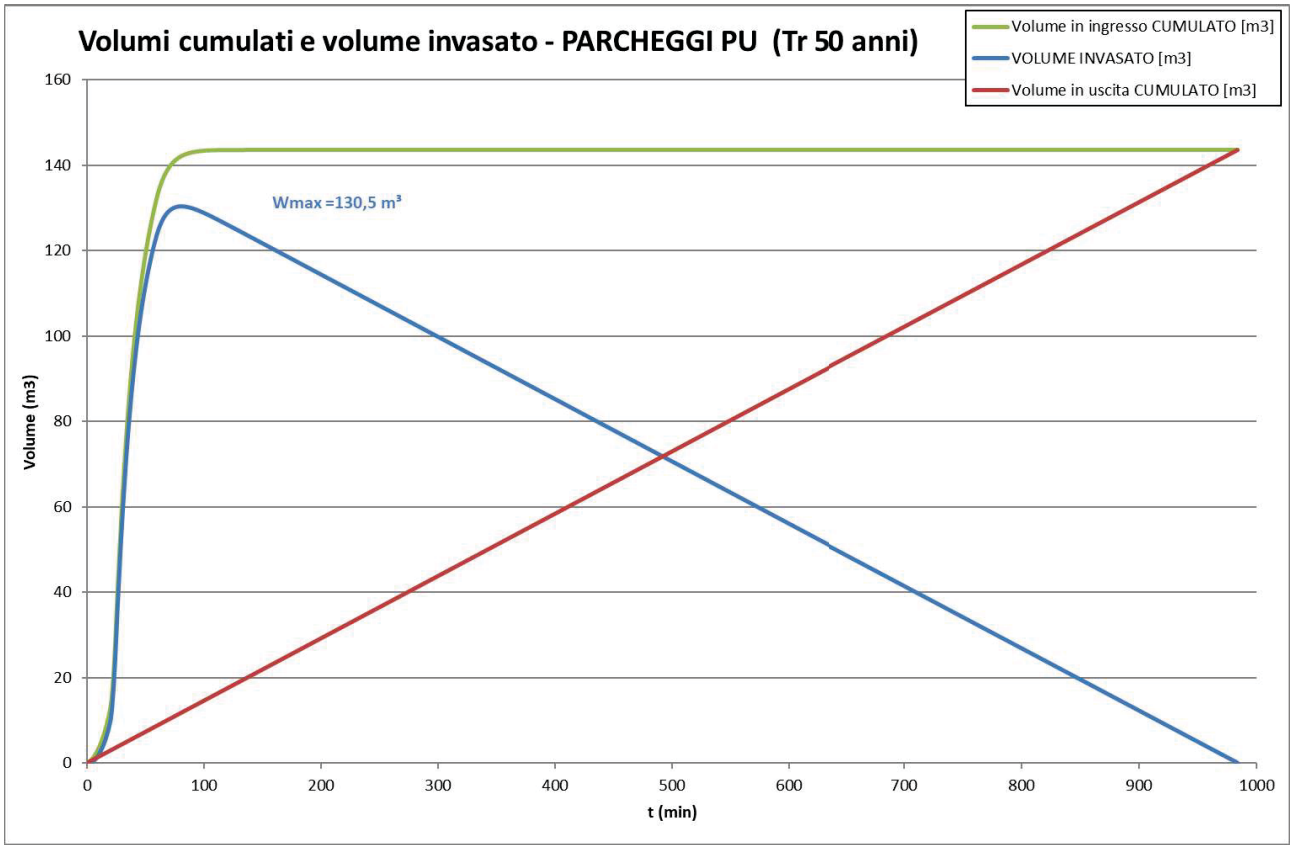

Volumi cumulati e volume invasato - VIABILITA' EXT 2 PU (Tr 50 anni
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =260 m³
Volume (m3)
t (min)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

AREE PUBBLICHE – PARCHEGGI (AREE SEMIPERMEABILI – φ = 0,7)

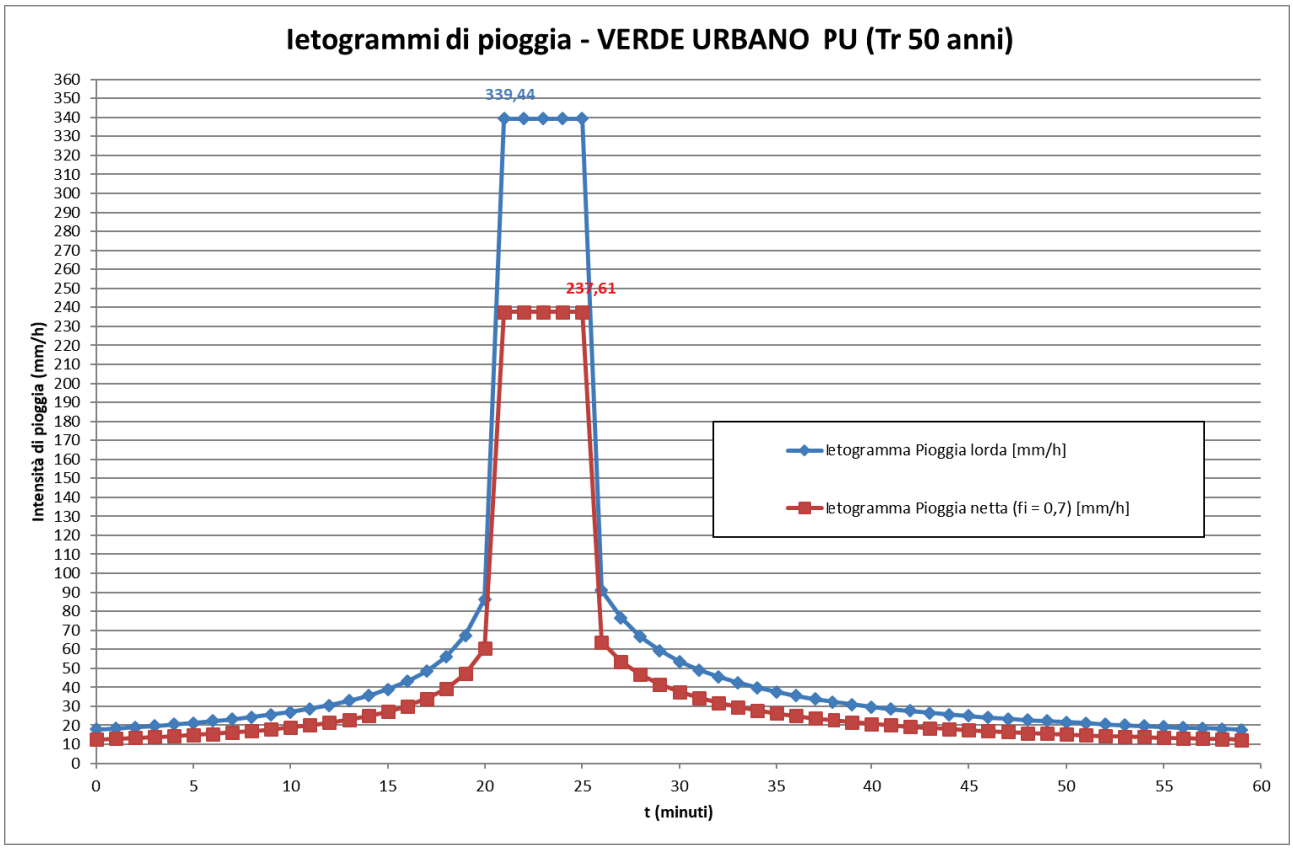


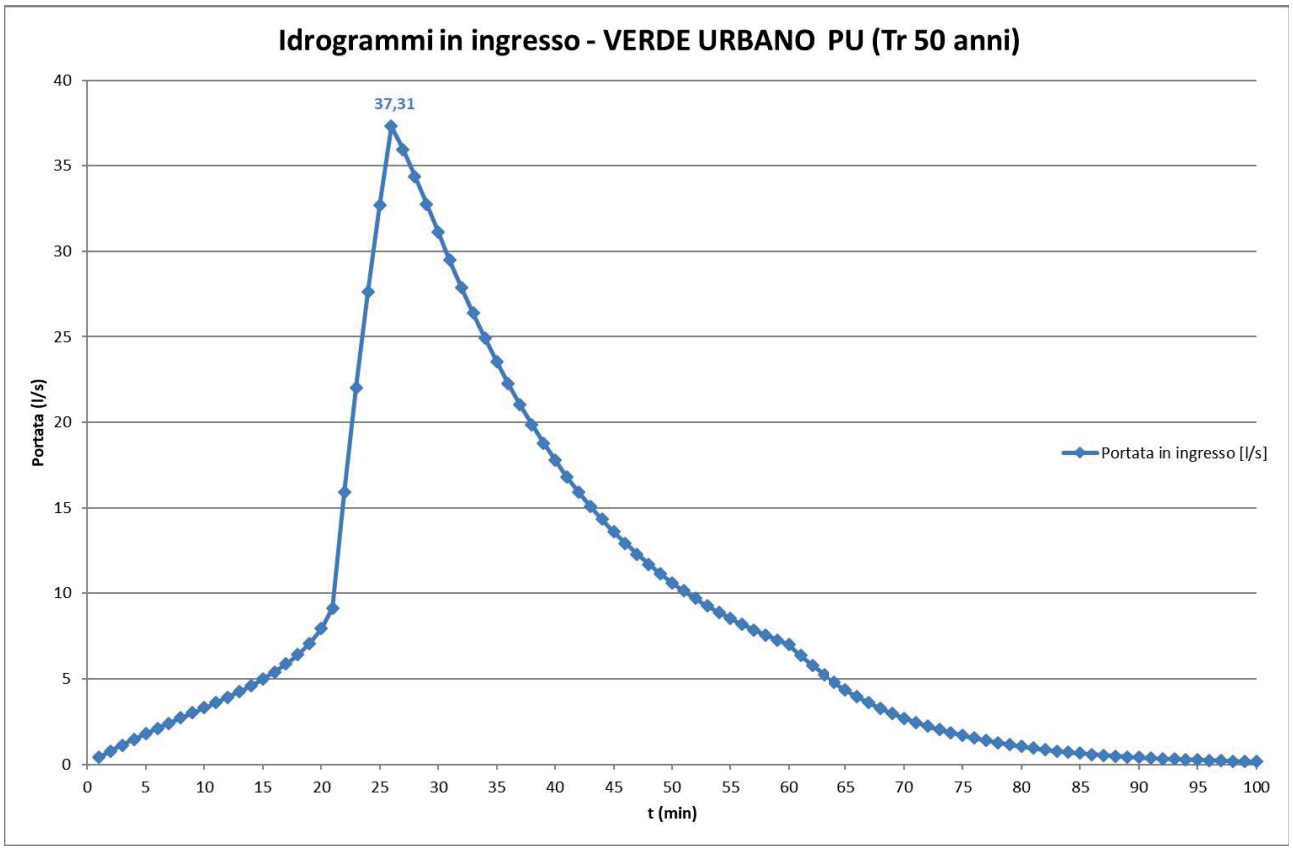


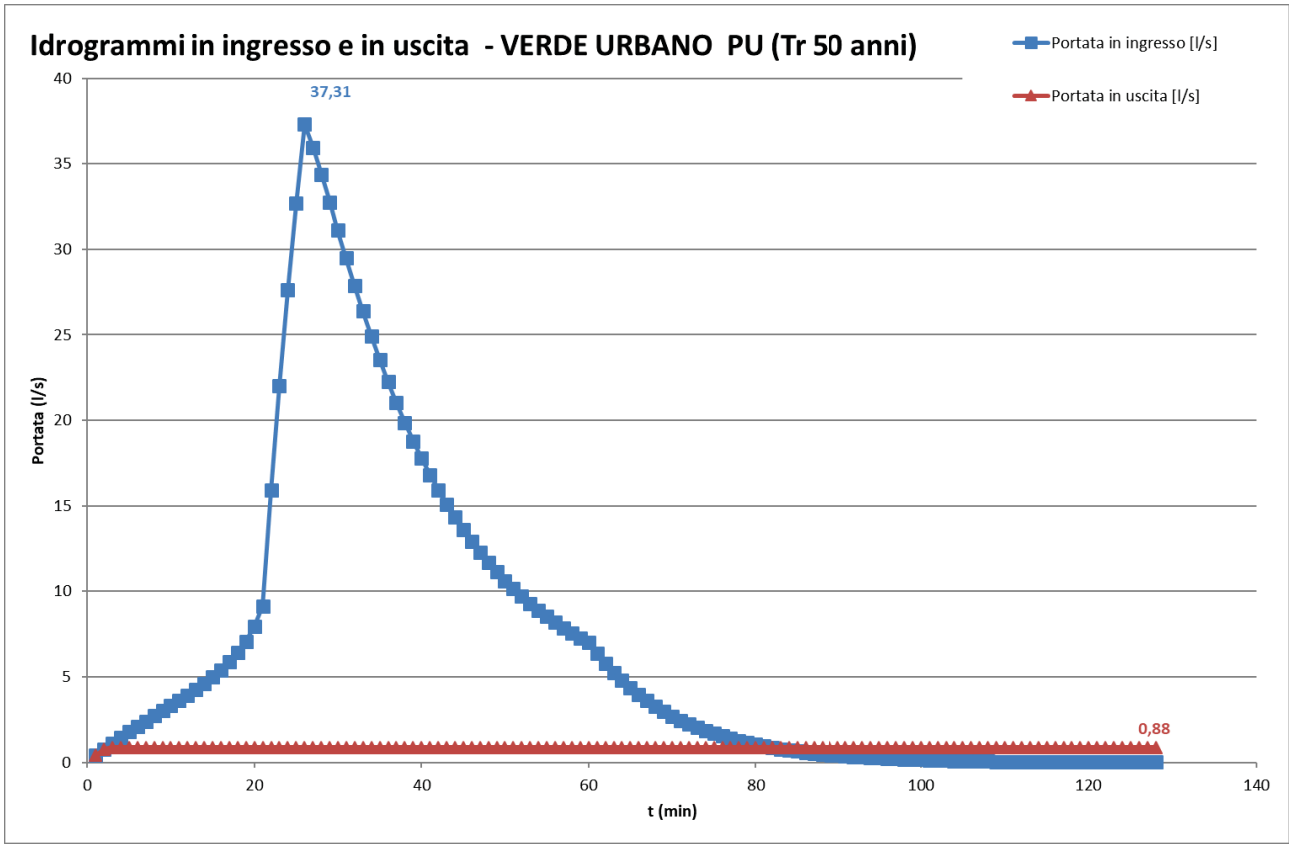

Idrogrammi in ingresso e in uscita - PARCHEGGI PU (Tr 50 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
102,36
2,43
Portata (l/s)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140

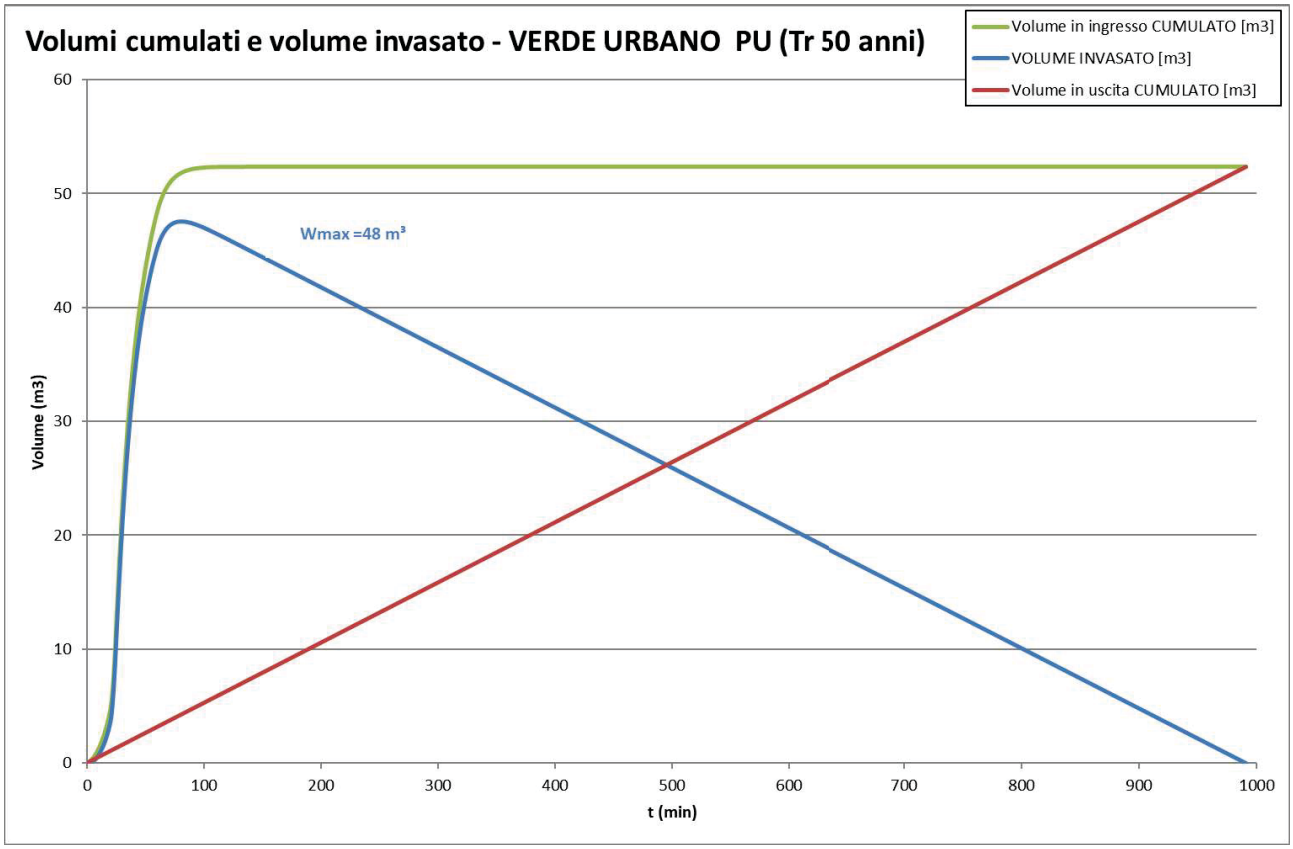

Volumi cumulati e volume invasato - PARCHEGGI PU (Tr 50 anni)
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =130,5 m³
Volume (m3)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

AREE PUBBLICHE – VERDE URBANO (AREE SEMIPERMEABILI – φ = 0,7)

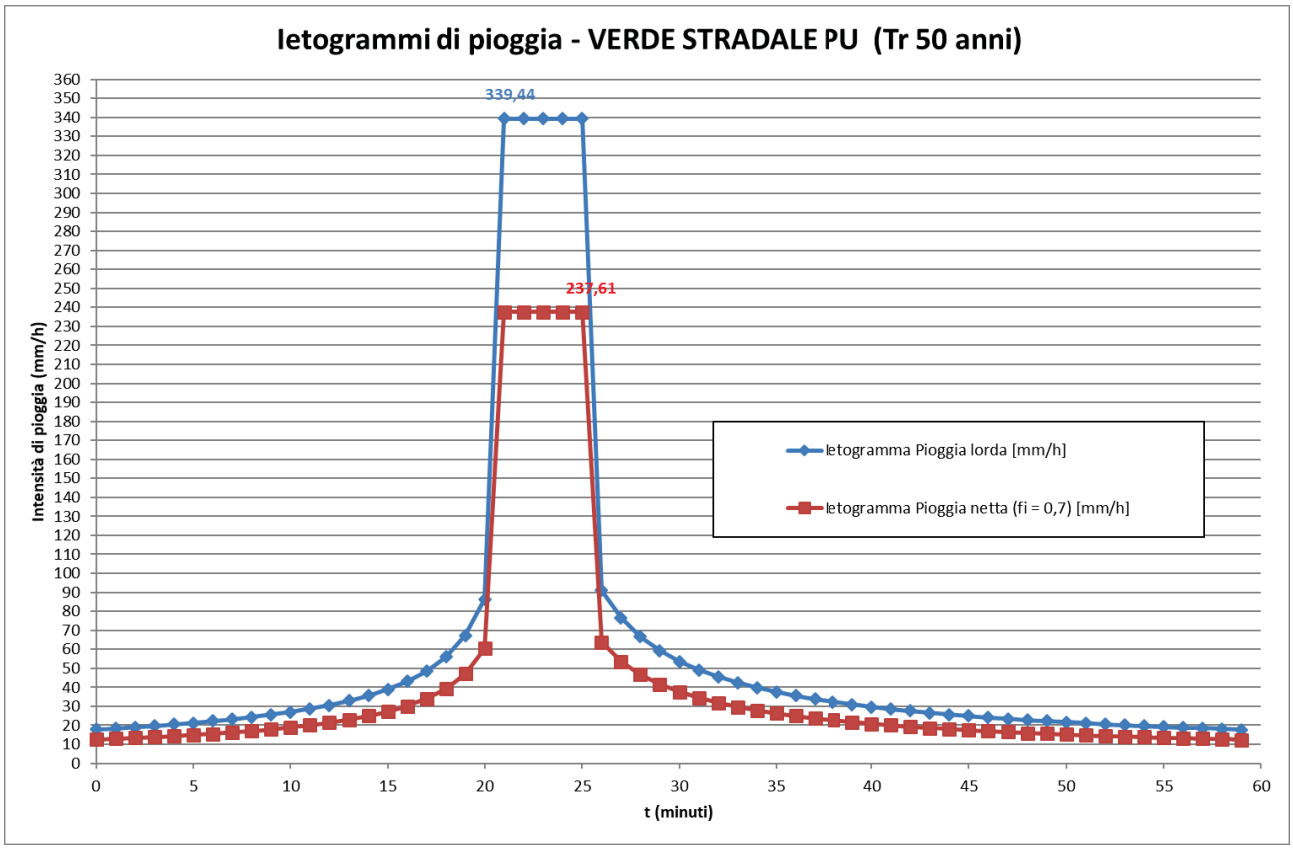


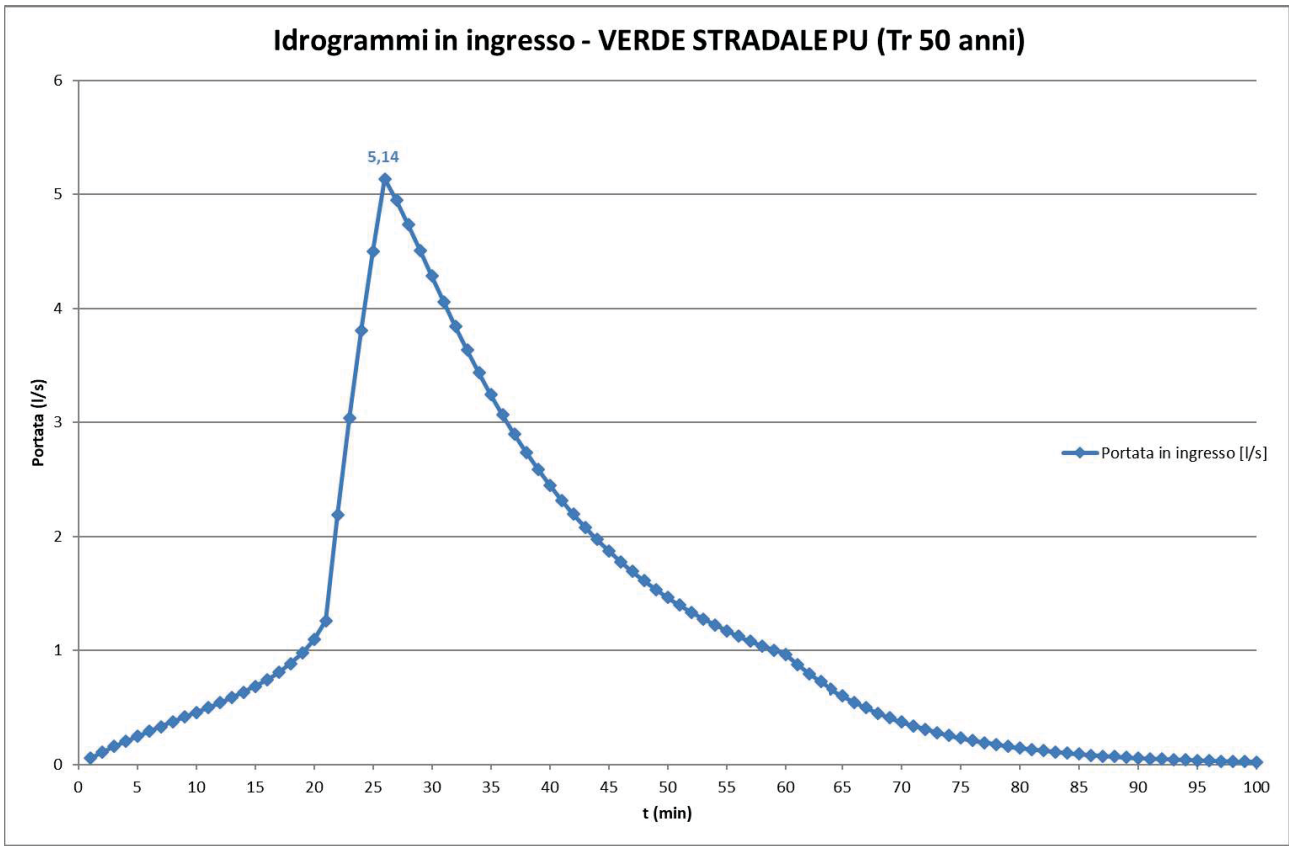


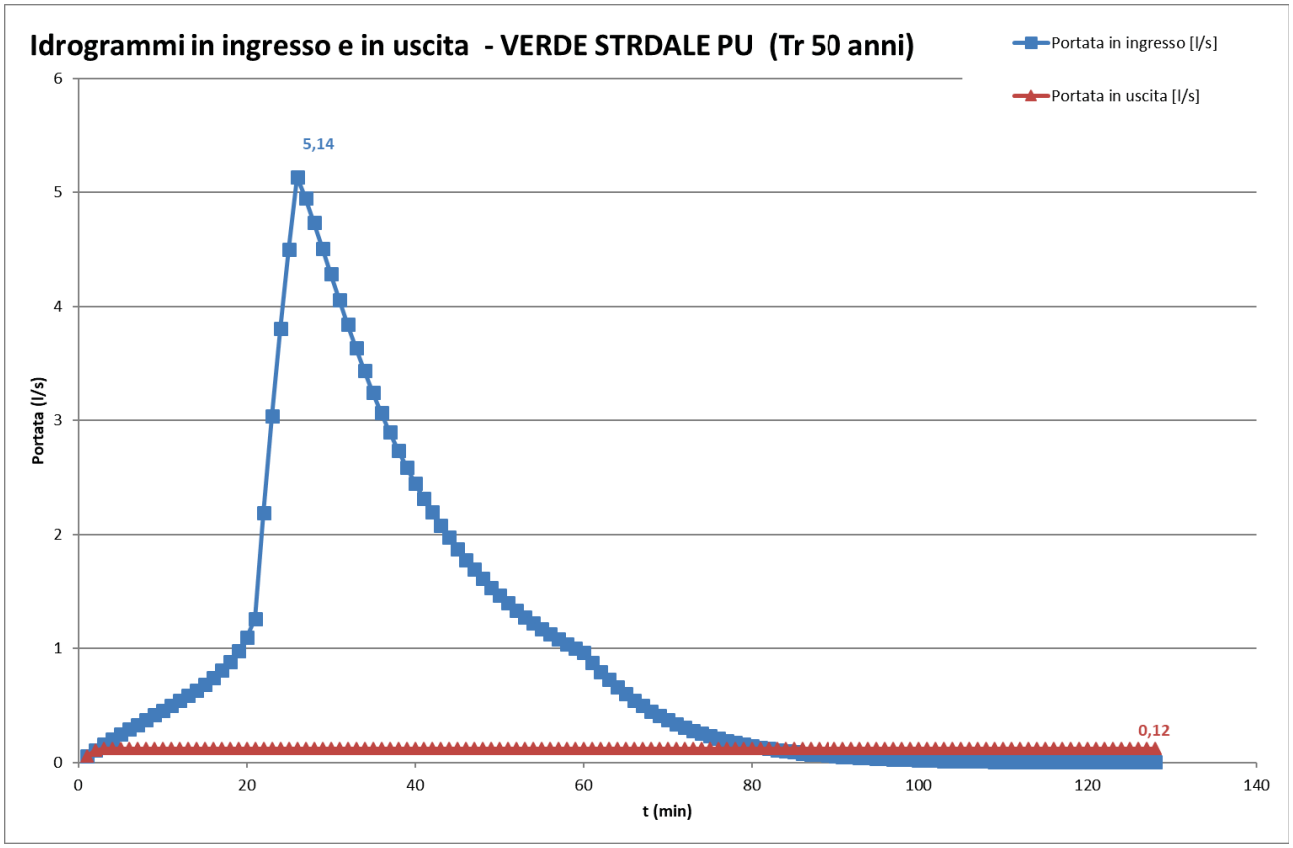

Idrogrammi in ingresso e in uscita - VERDE URBANO PU (Tr 50 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
37,31
0,88
Portata (l/s)
t (min)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0
20
40
60
80
100
120
140

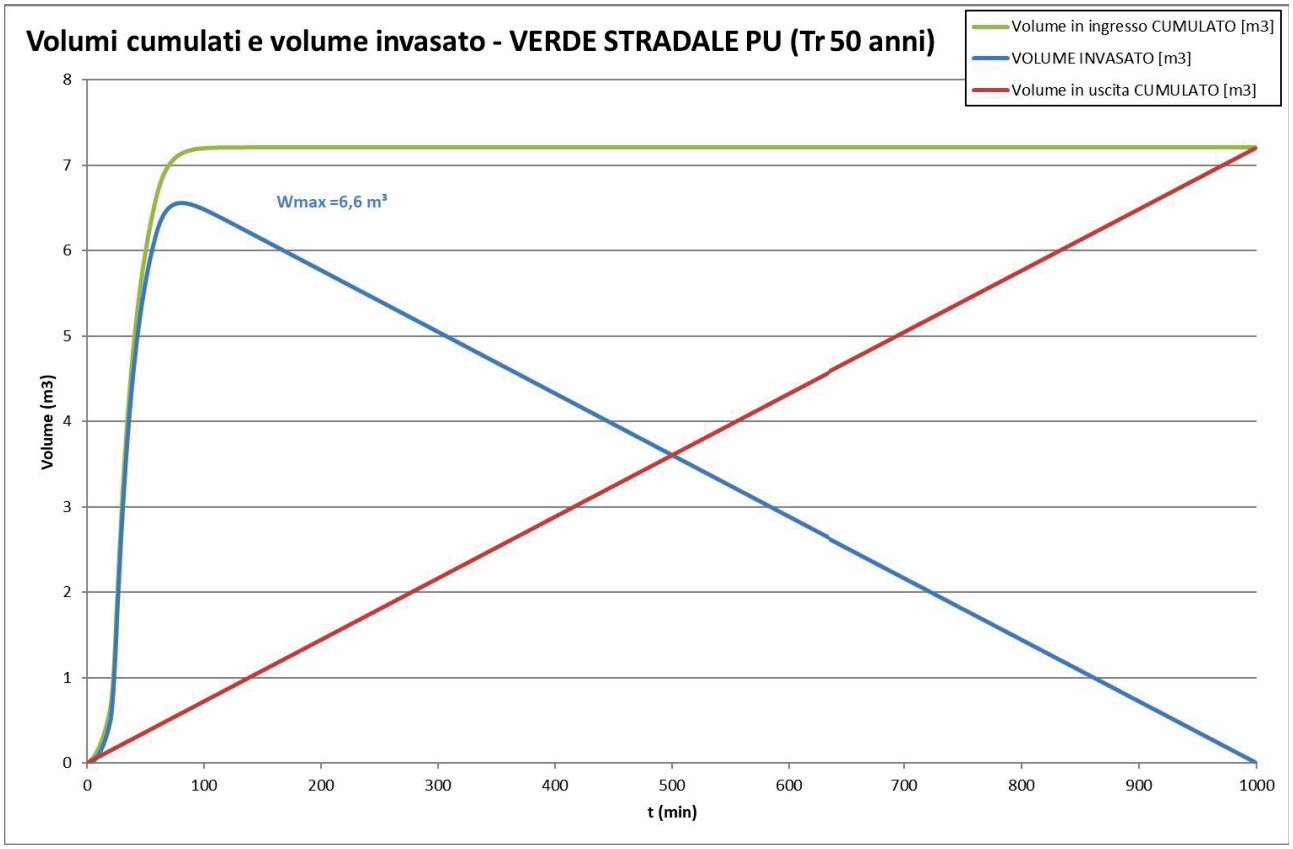

Volumi cumulati e volume invasato - VERDE URBANO PU (Tr 50 anni)
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =48 m³
Volume (m3)
t (min)
0
10
20
30
40
50
60
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

AREE PUBBLICHE – VERDE STRADALE (AREE SEMIPERMEABILI – φ = 0,7)






Idrogrammi in ingresso e in uscita - VERDE STRDALE PU (Tr 50 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
5,14
0,12
Portata (l/s)
t (min)
0
1
2
3
4
5
6
0
20
40
60
80
100
120
140


Volumi cumulati e volume invasato - VERDE STRADALE PU (Tr 50 anni)
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =6,6 m³
Volume (m3)
t (min)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

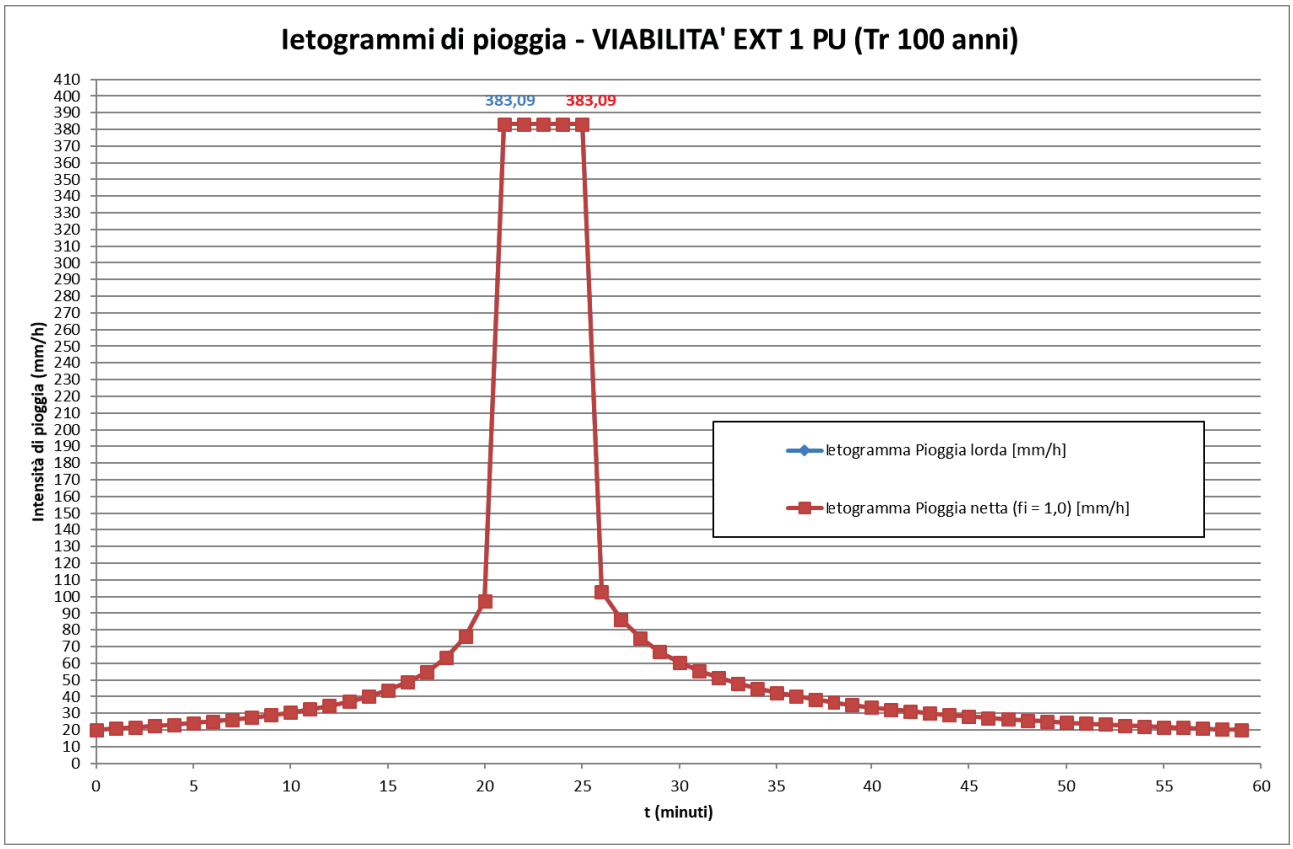
ALLEGATO 3:

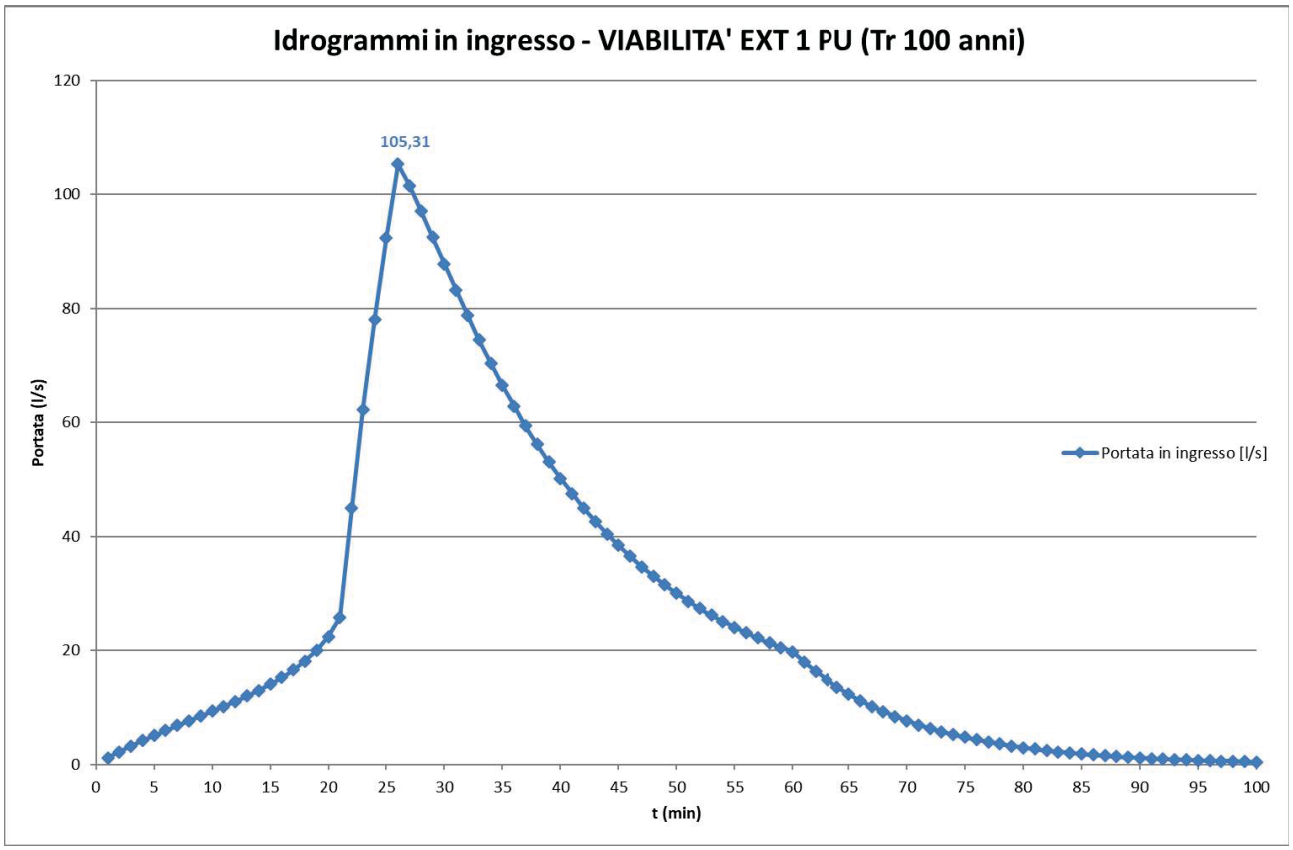
VERIFICA PROCESSO

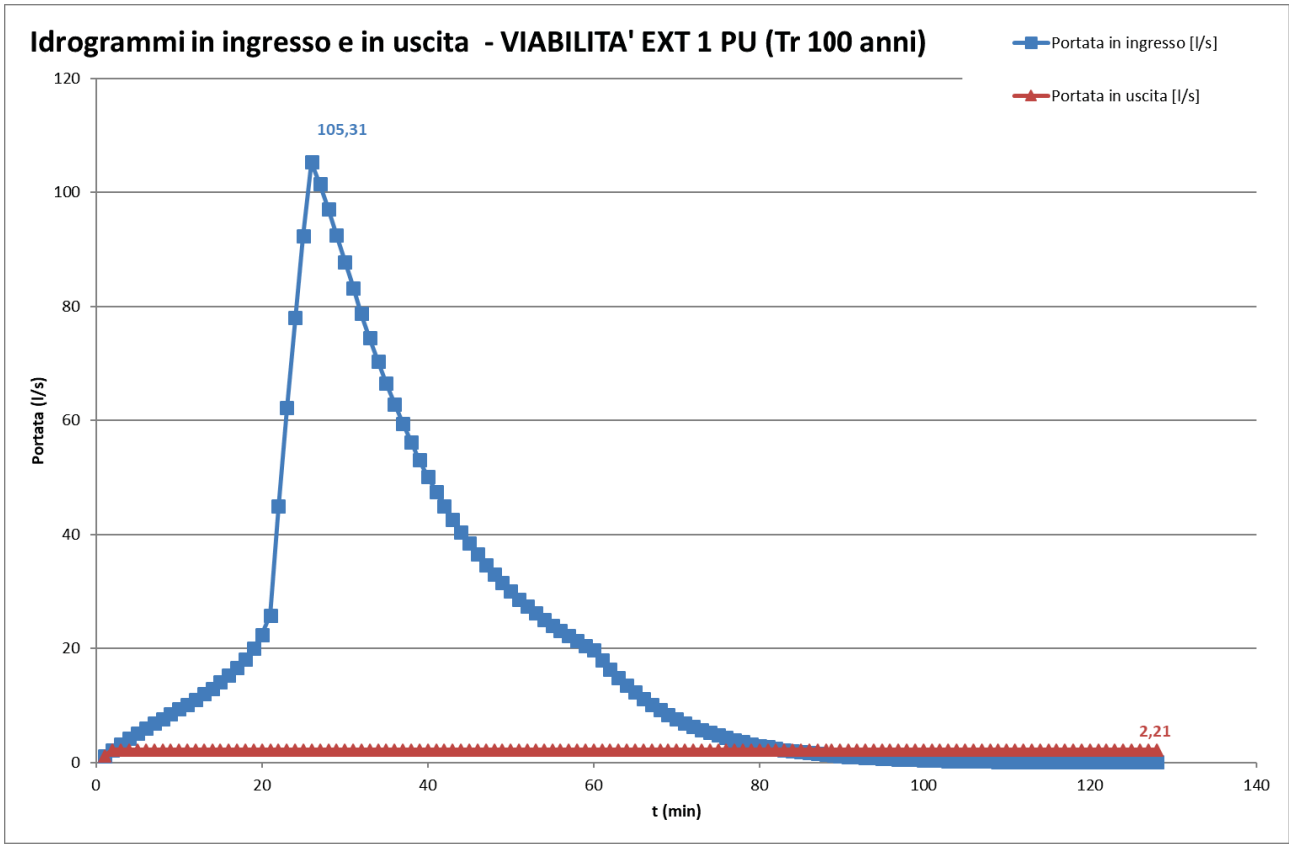
DI LAMINAZIONE CON TR = 100 ANNI

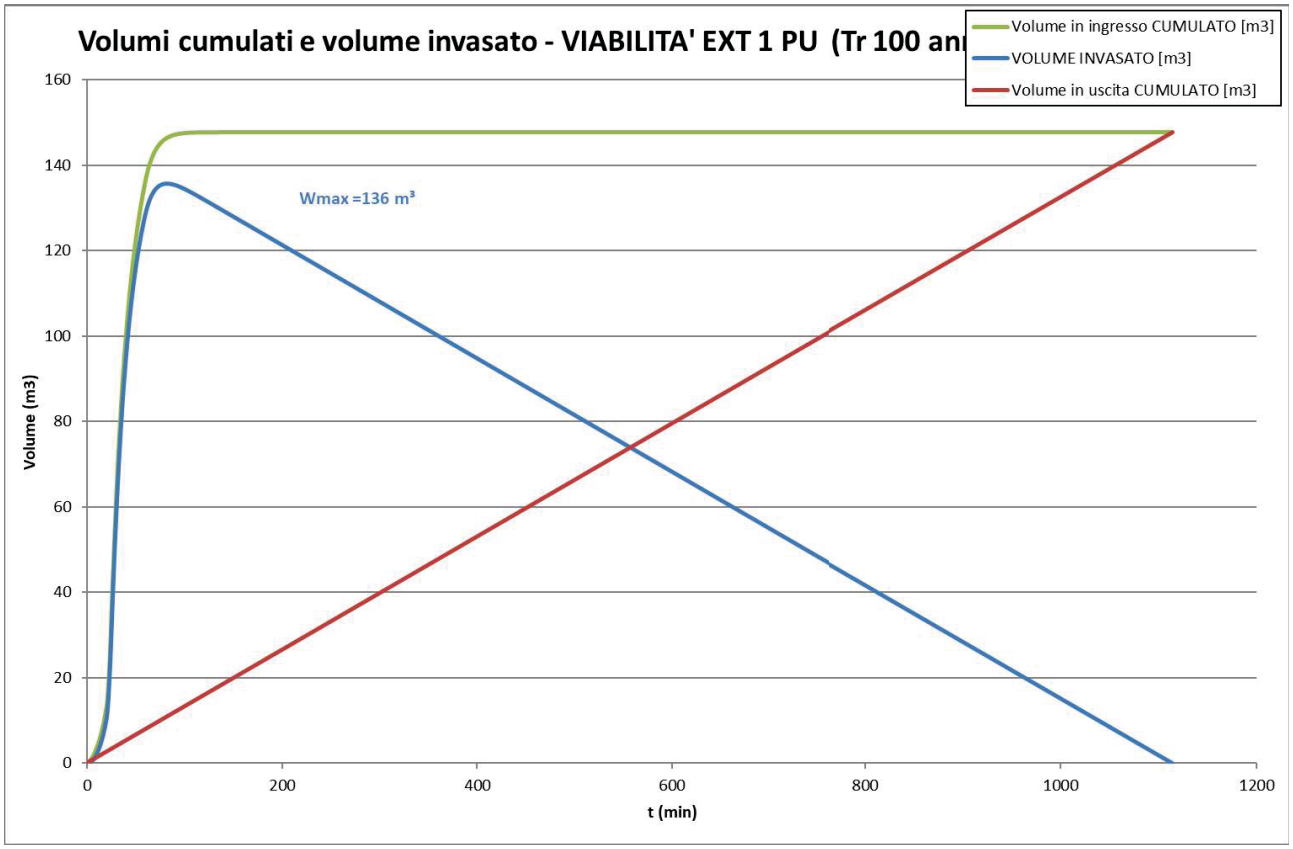
- AREE PUBBLICHE -

AREE PUBBLICHE - VIABILITA' ESTERNE 1 (AREE IMPERMEABILI – φ = 1,0)

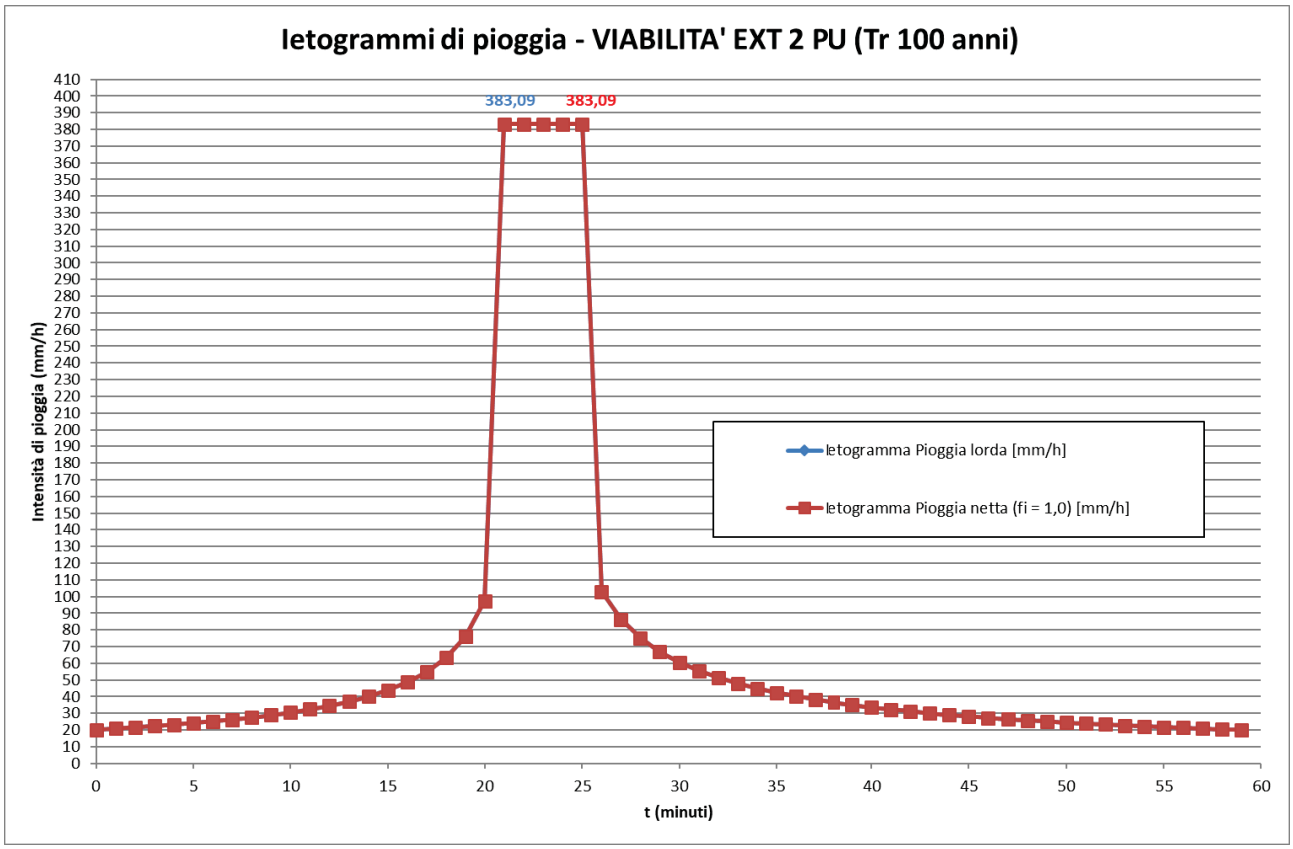


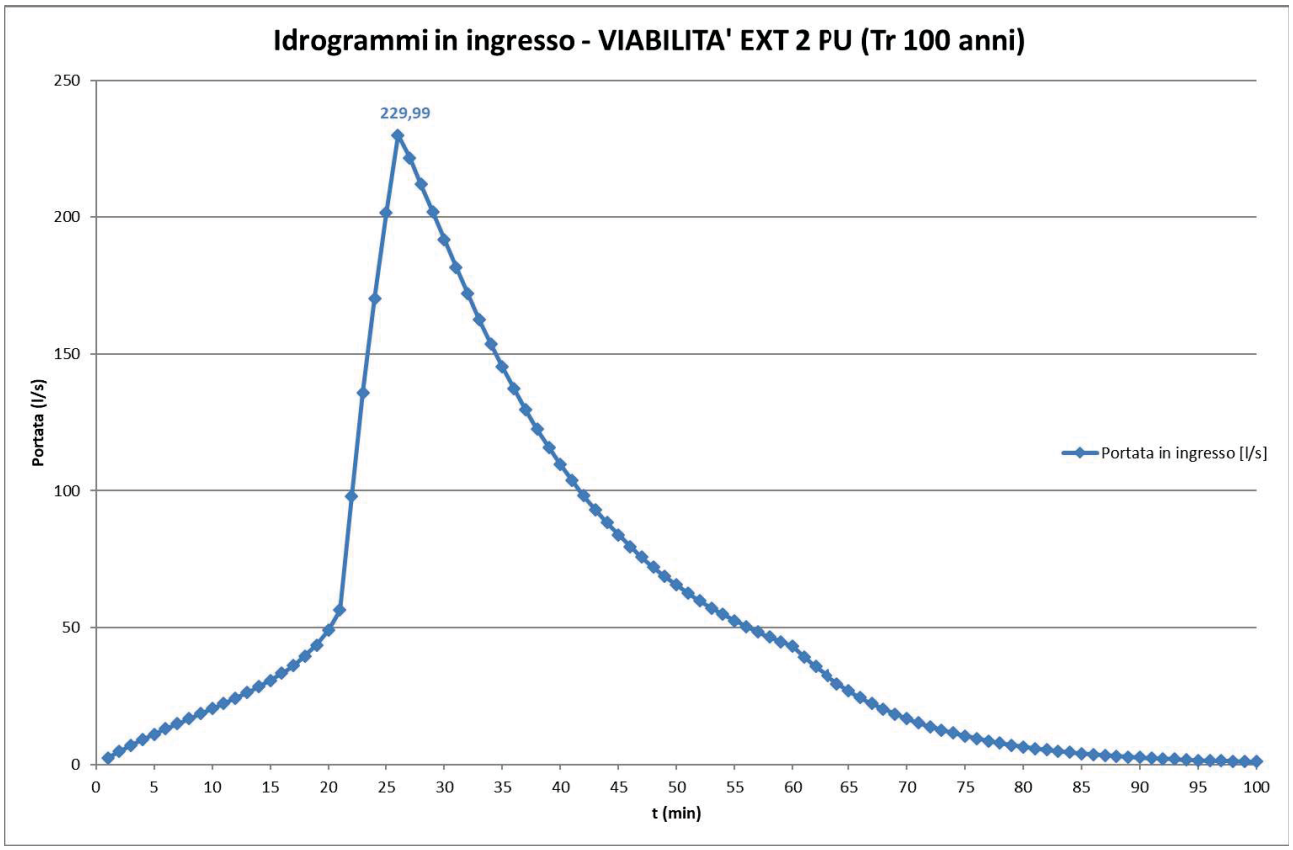


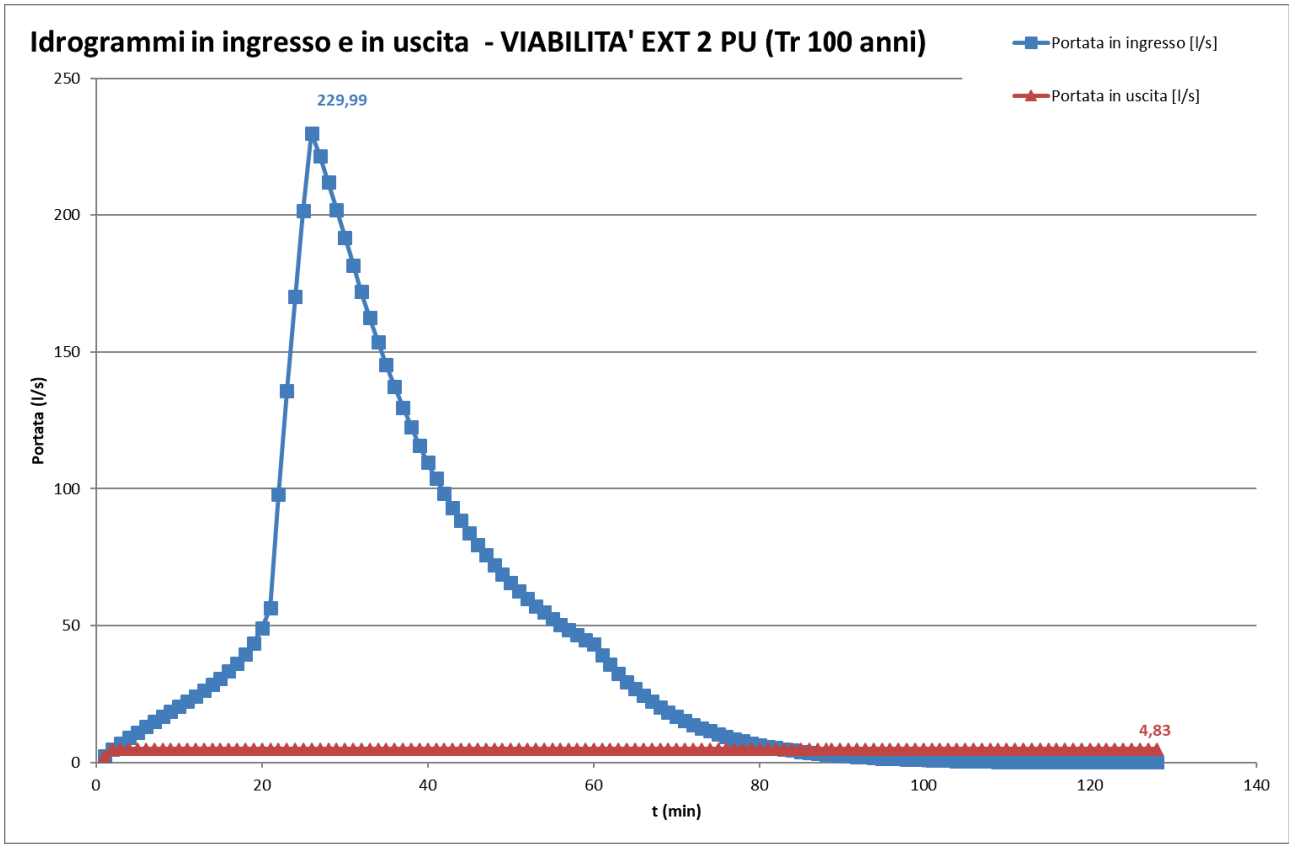

Idrogrammi in ingresso e in uscita - VIABILITA' EXT 1 PU (Tr 100 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
105,31
2,21
Portata (l/s)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140

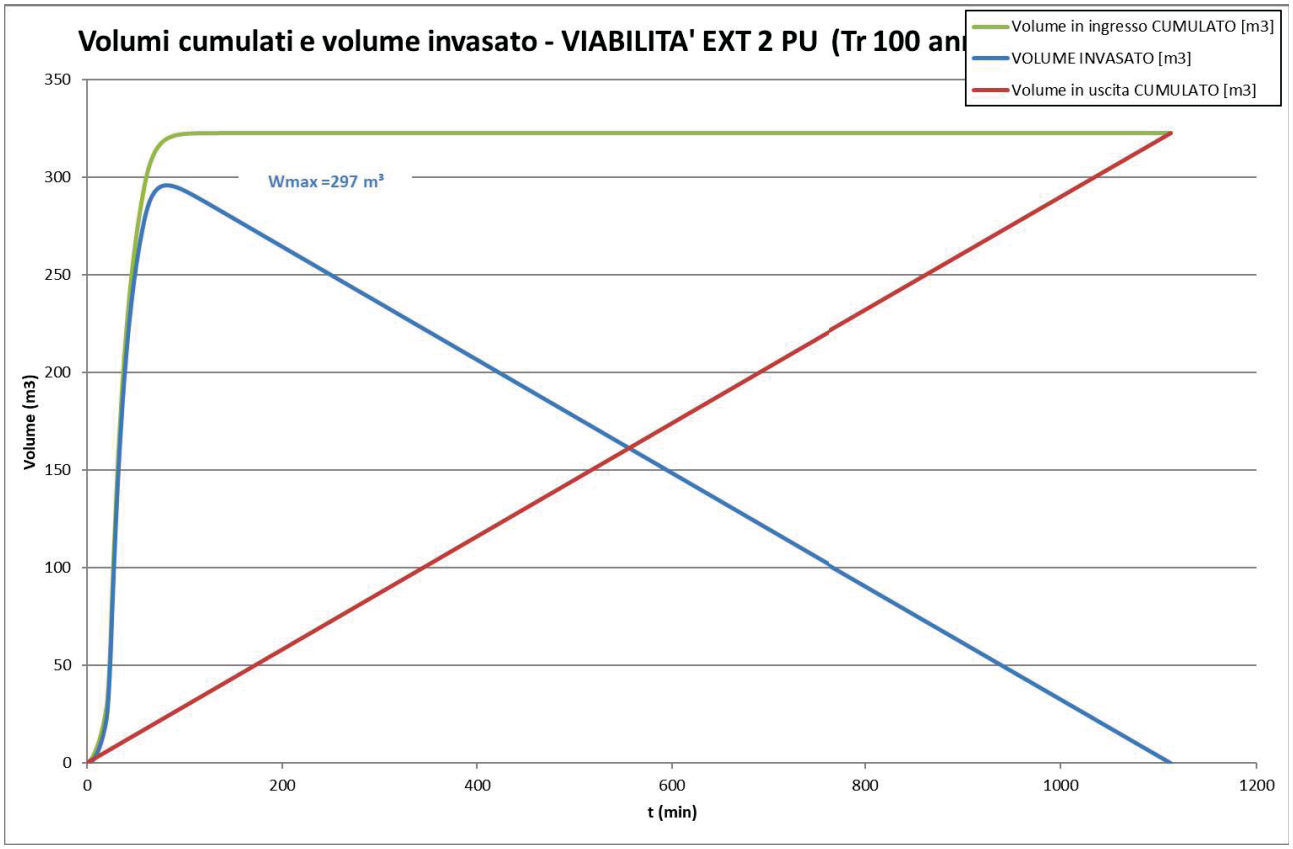

Volumi cumulati e volume invasato - VIABILITA' EXT 1 PU (Tr 100 an
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =136 m³
Volume (m3)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
200
400
600
800
1000
1200

AREE PUBBLICHE - VIABILITA' ESTERNE 2 (AREE IMPERMEABILI – φ = 1,0)

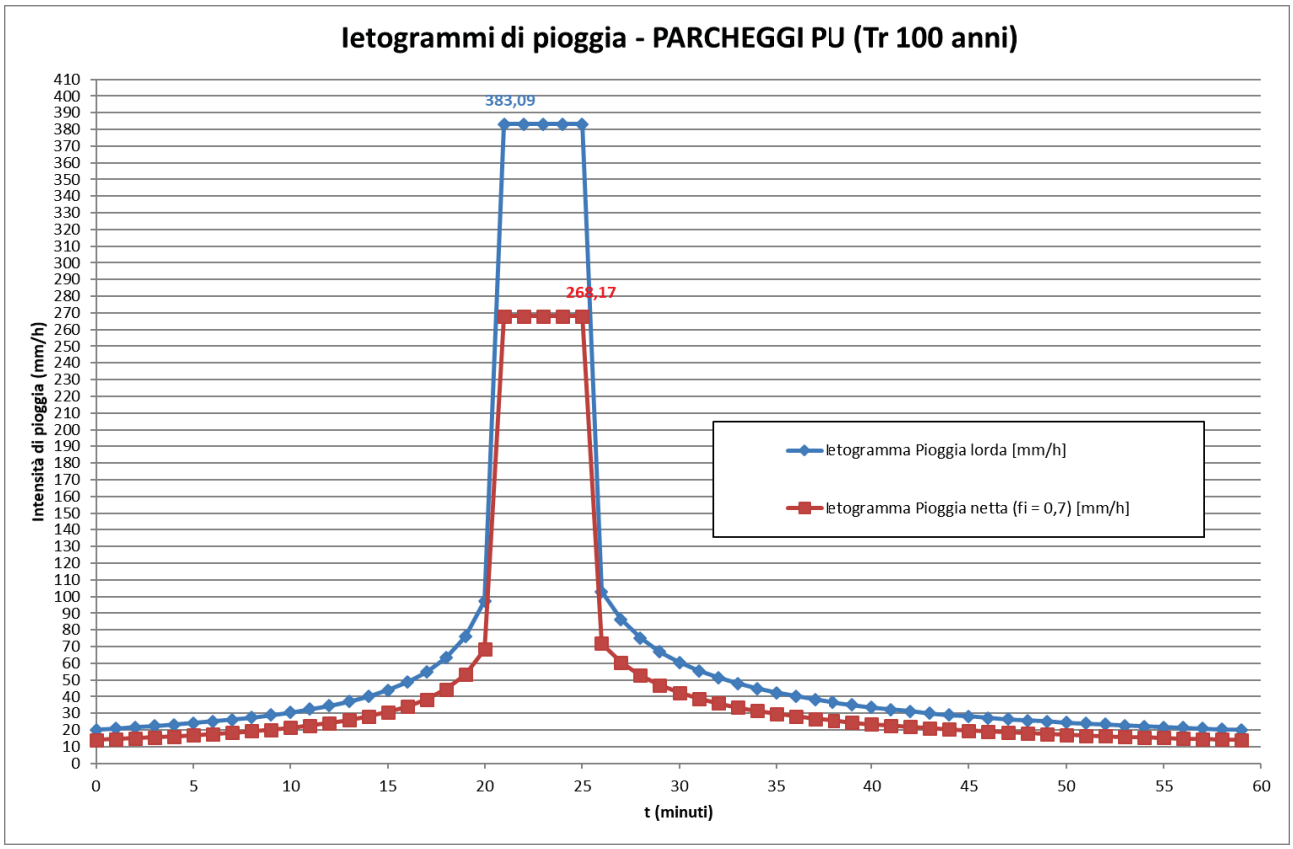


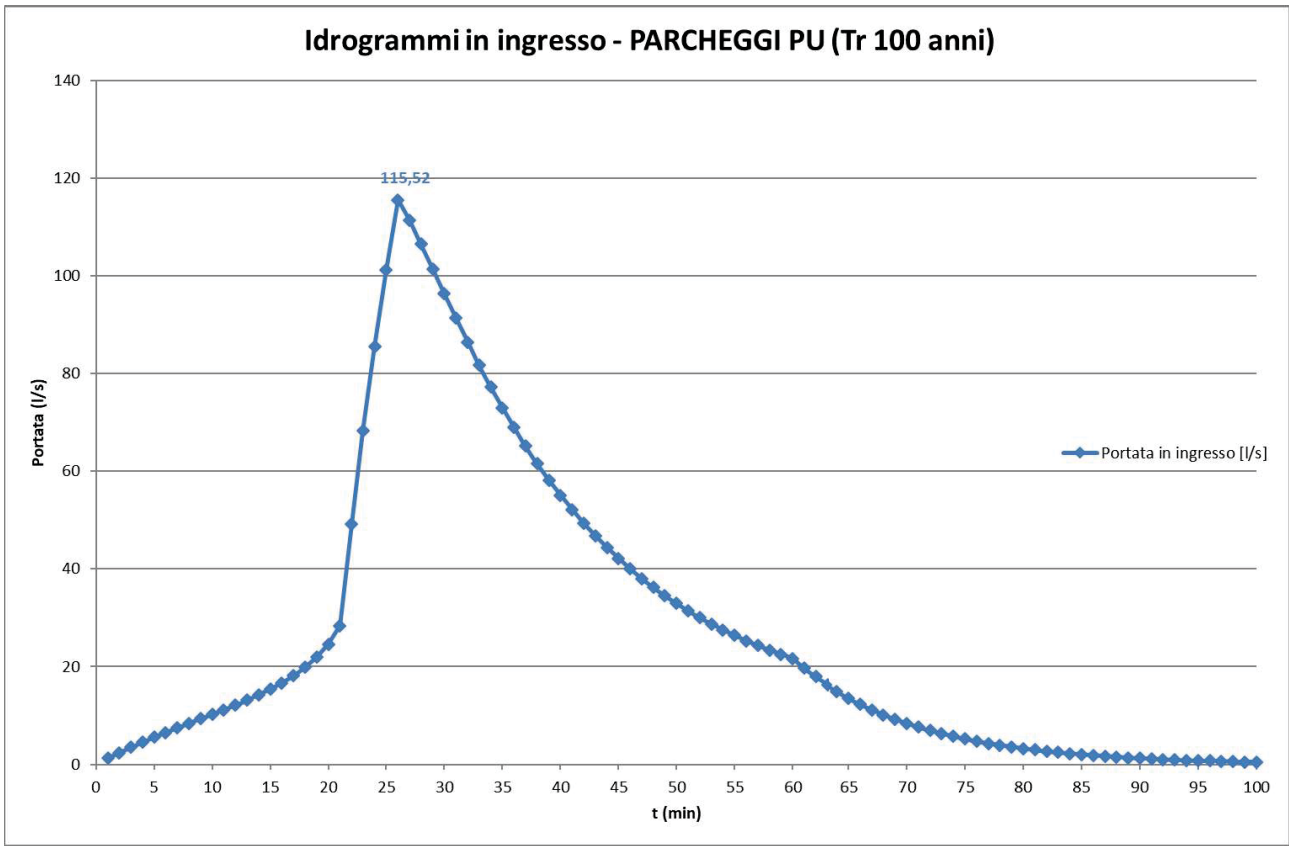


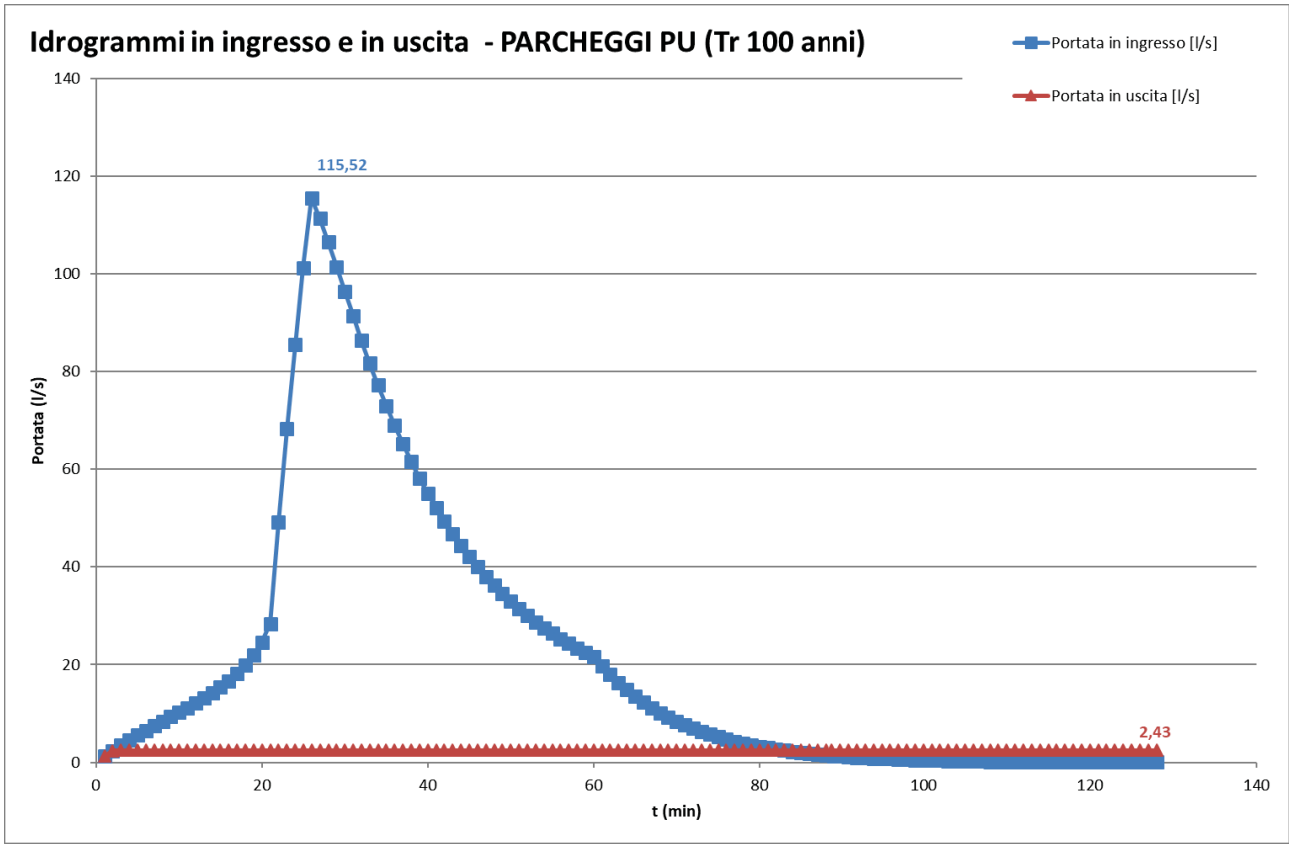

Idrogrammi in ingresso e in uscita - VIABILITA' EXT 2 PU (Tr 100 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
229,99
4,83
Portata (l/s)
t (min)
0
50
100
150
200
250
0
20
40
60
80
100
120
140

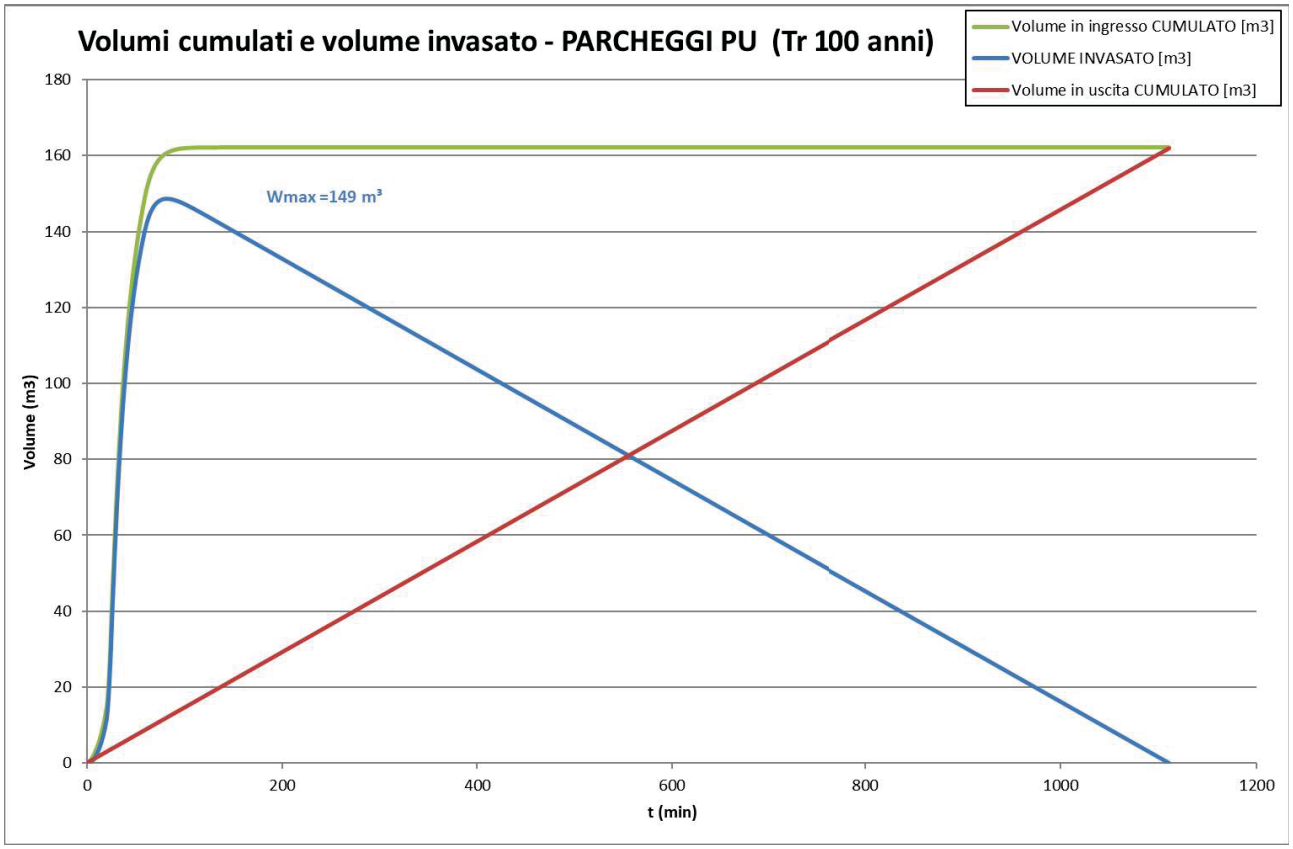

Volumi cumulati e volume invasato - VIABILITA' EXT 2 PU (Tr 100 an
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =297 m³
Volume (m3)
t (min)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
200
400
600
800
1000
1200

AREE PUBBLICHE – PARCHEGGI (AREE SEMIPERMEABILI – φ = 0,7)

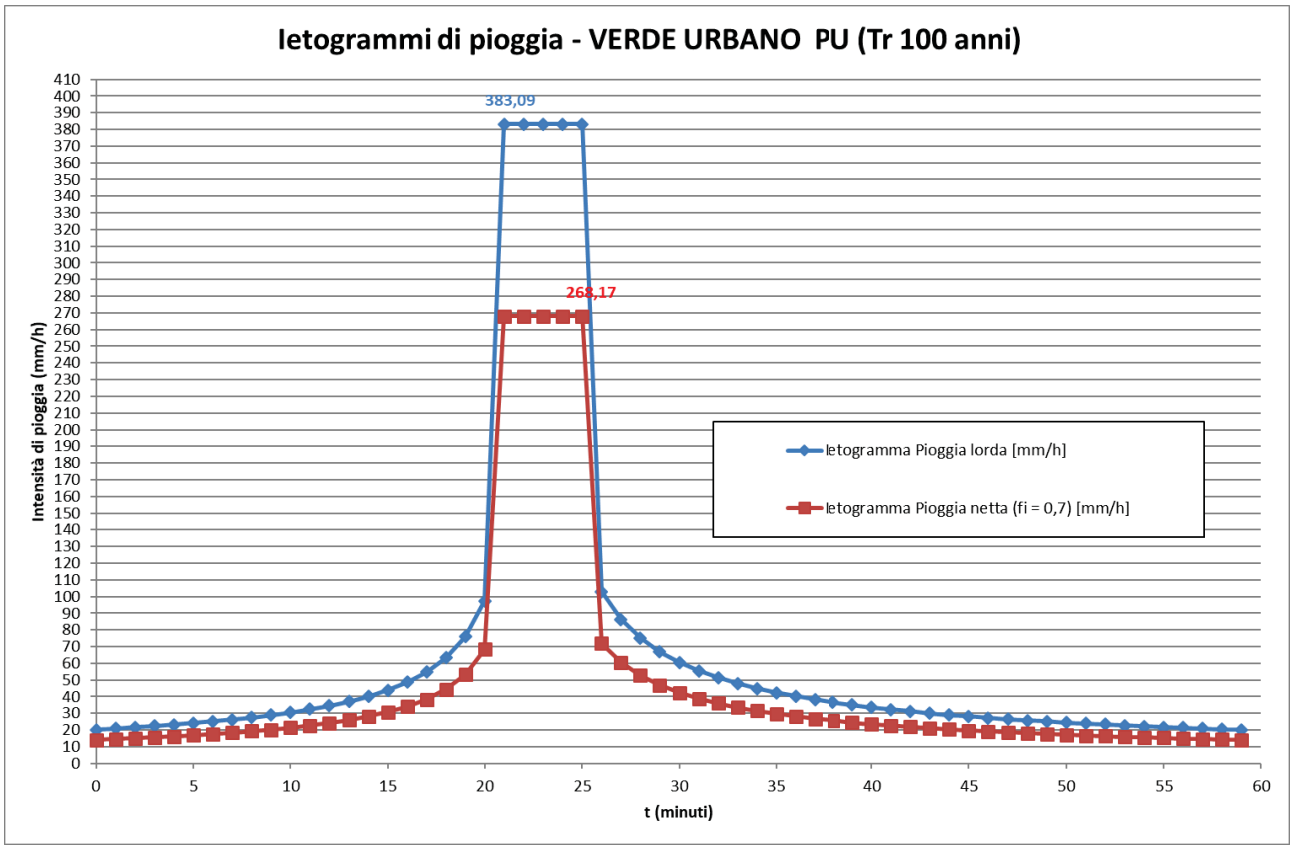


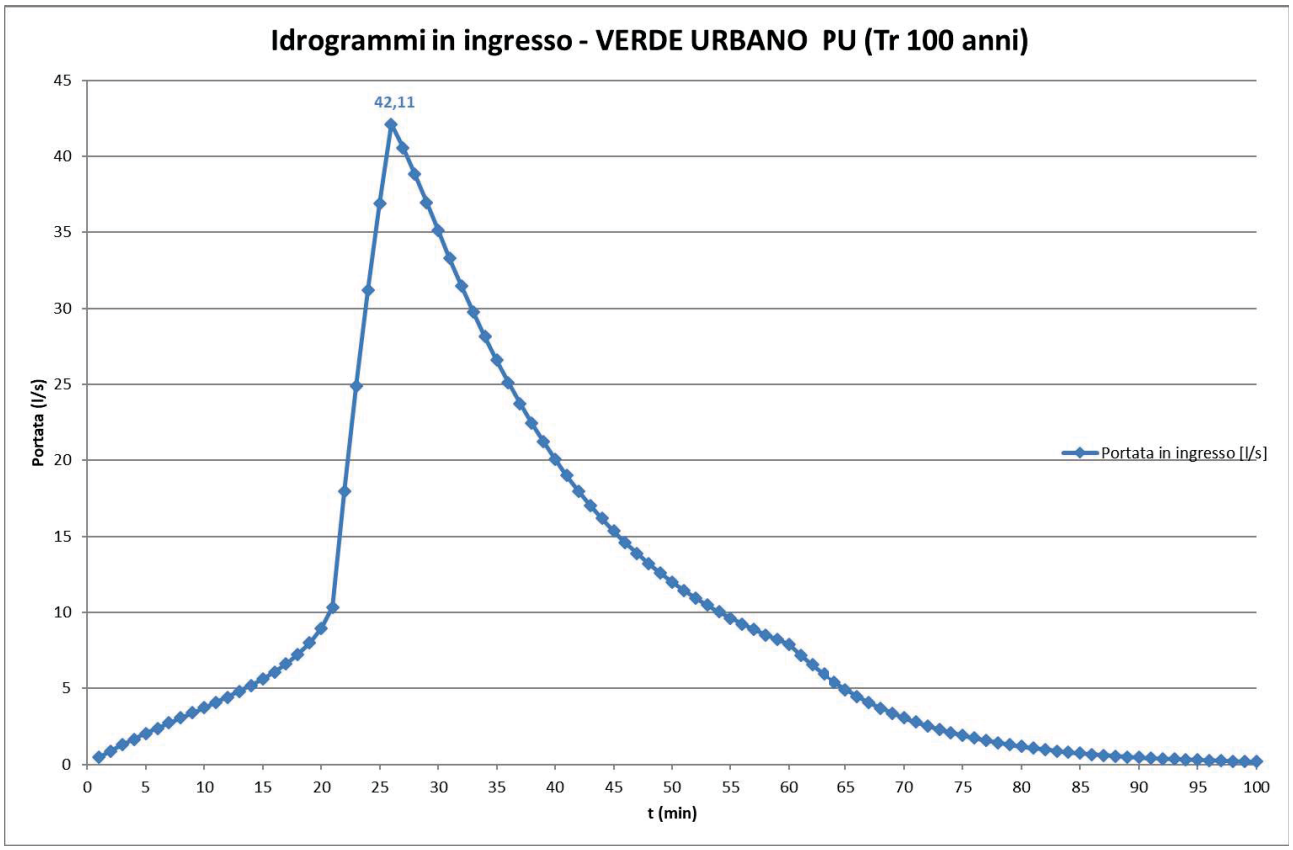


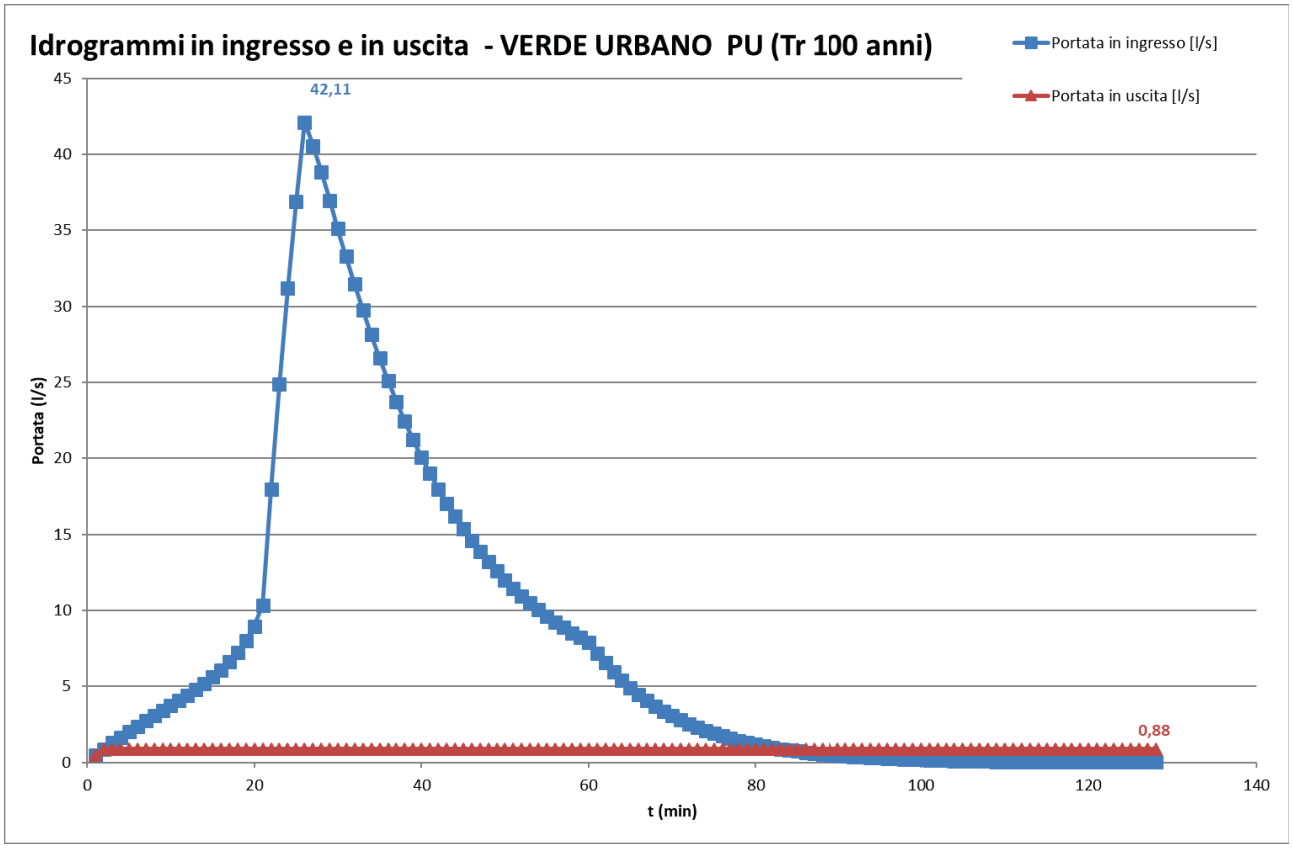

Idrogrammi in ingresso e in uscita - PARCHEGGI PU (Tr 100 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
115,52
2,43
Portata (l/s)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140

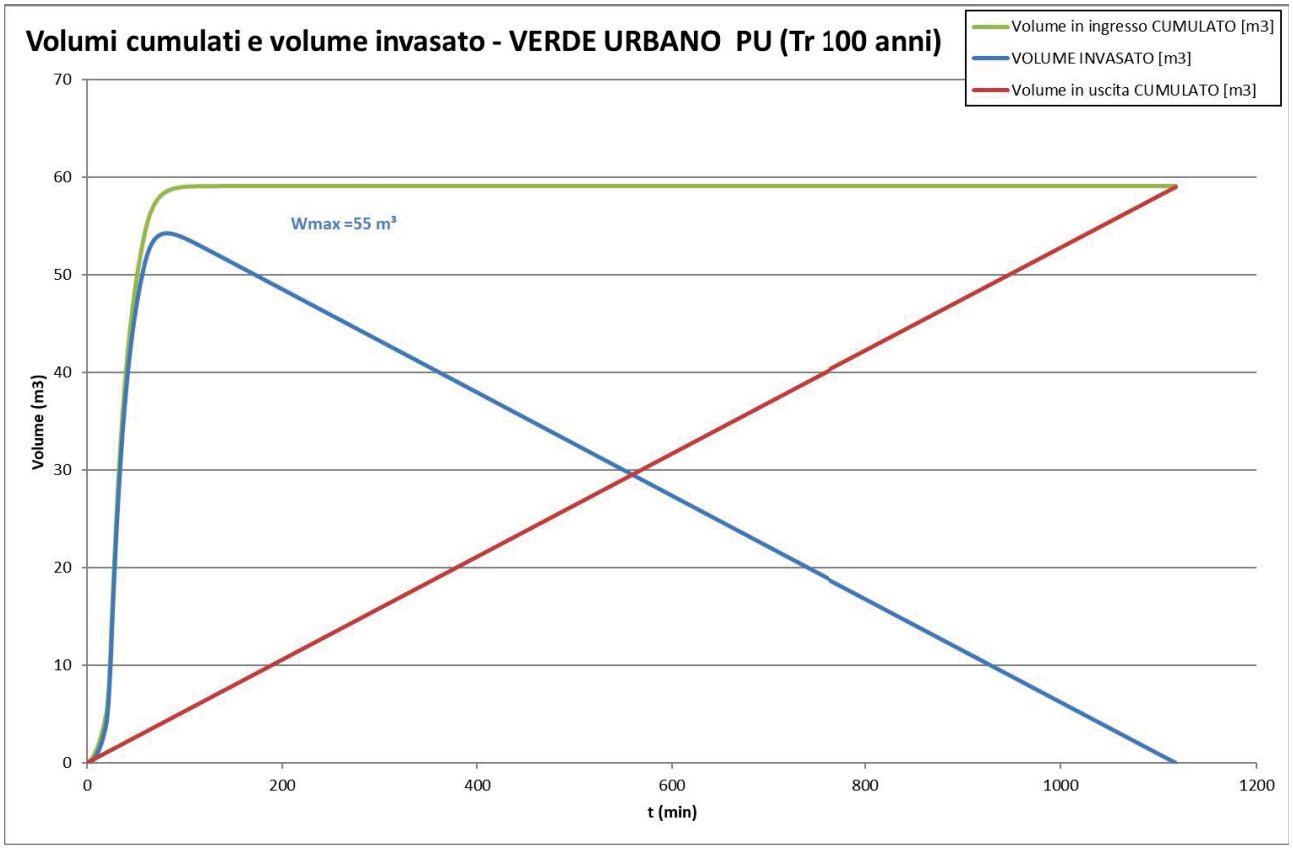

Volumi cumulati e volume invasato - PARCHEGGI PU (Tr 100 anni)
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =149 m³
Volume (m3)
t (min)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
400
600
800
1000
1200

AREE PUBBLICHE – VERDE URBANO (AREE SEMIPERMEABILI – φ = 0,7)

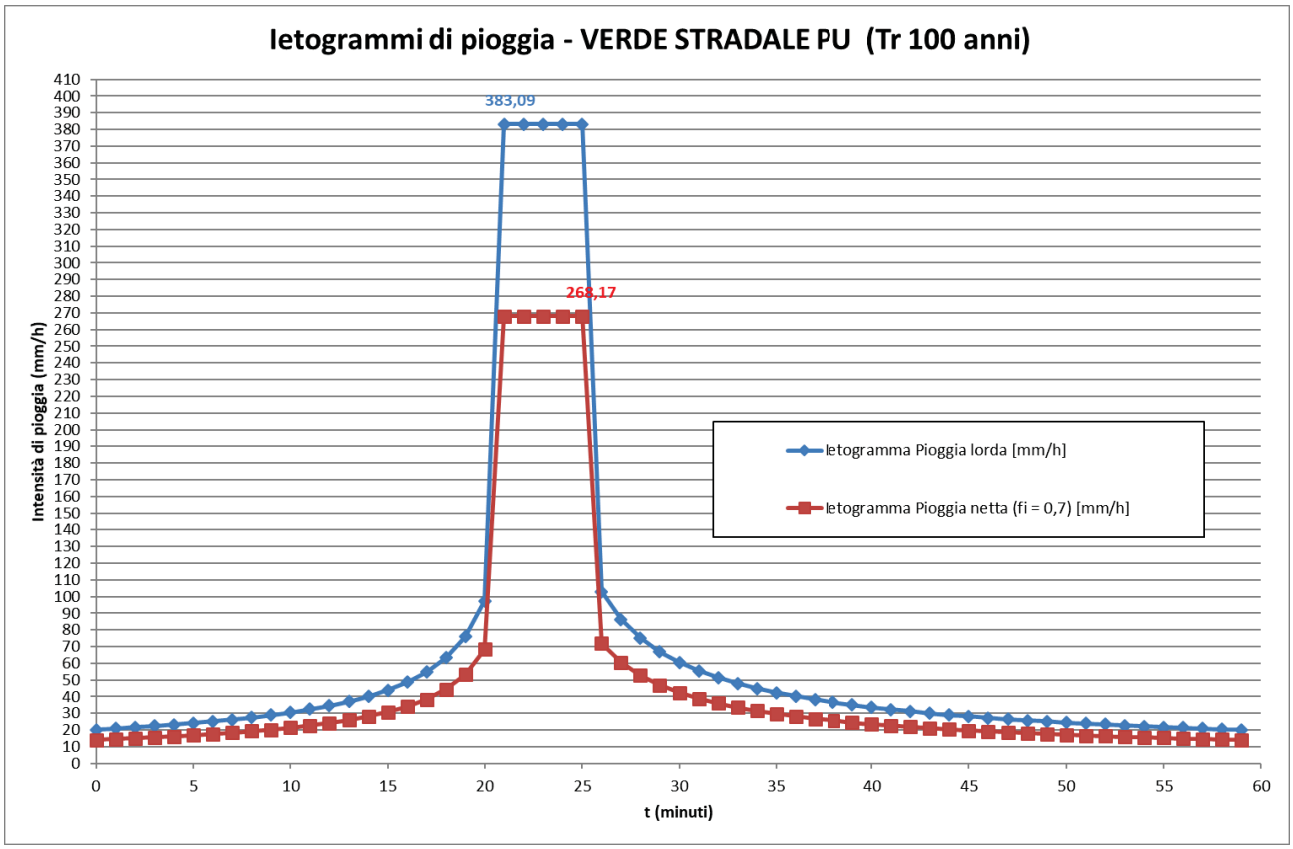


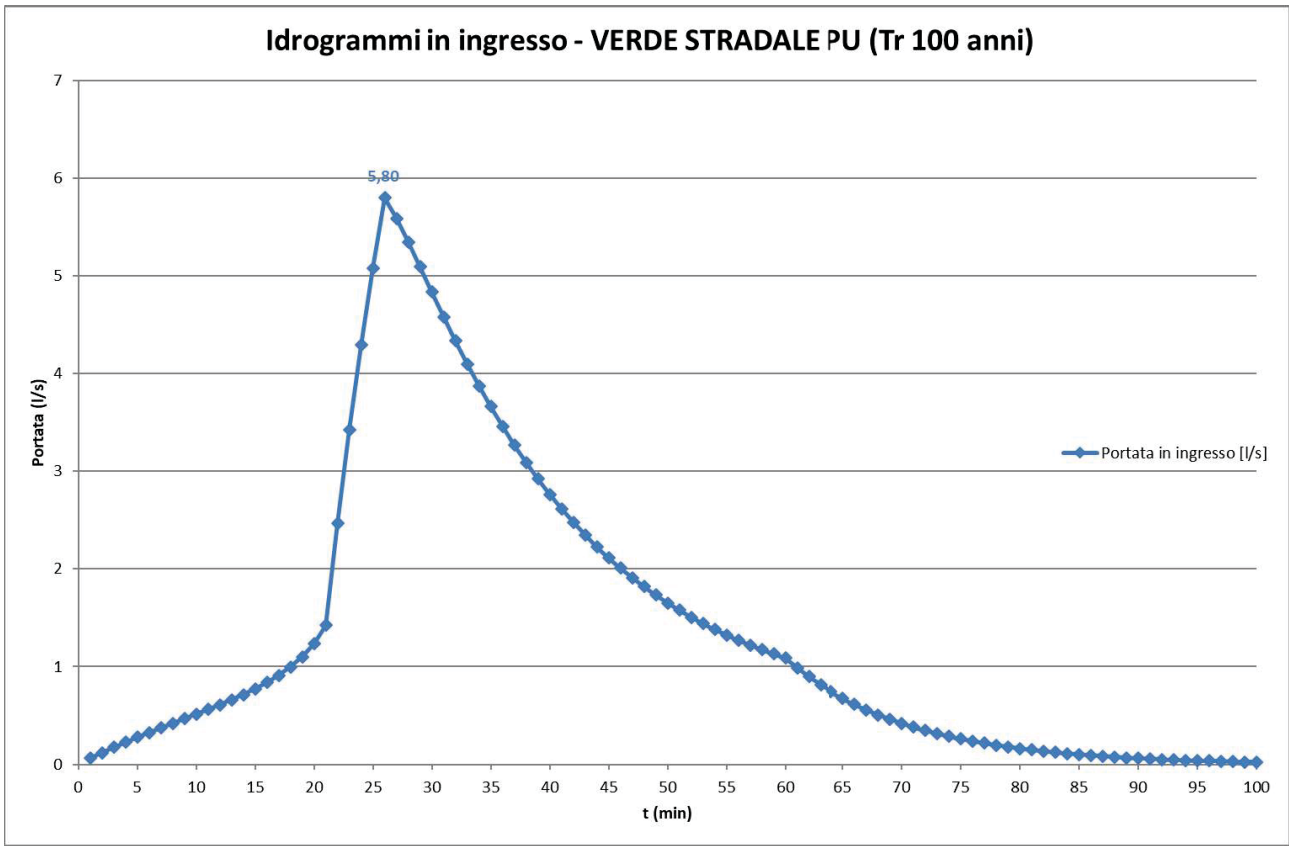


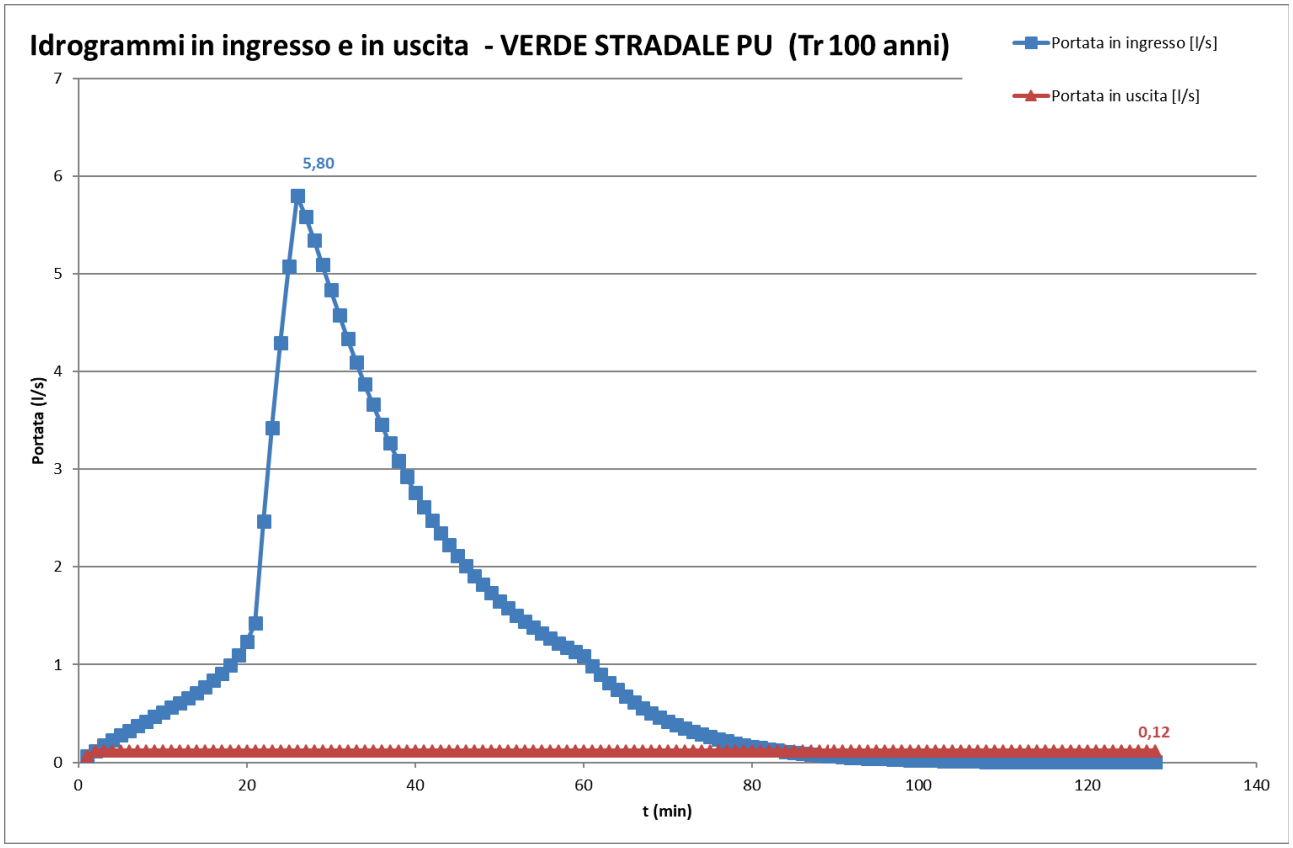

Idrogrammi in ingresso e in uscita - VERDE URBANO PU (Tr 100 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
42,11
0,88
Portata (l/s)
t (min)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
0
20
40
60
80
100
120
140

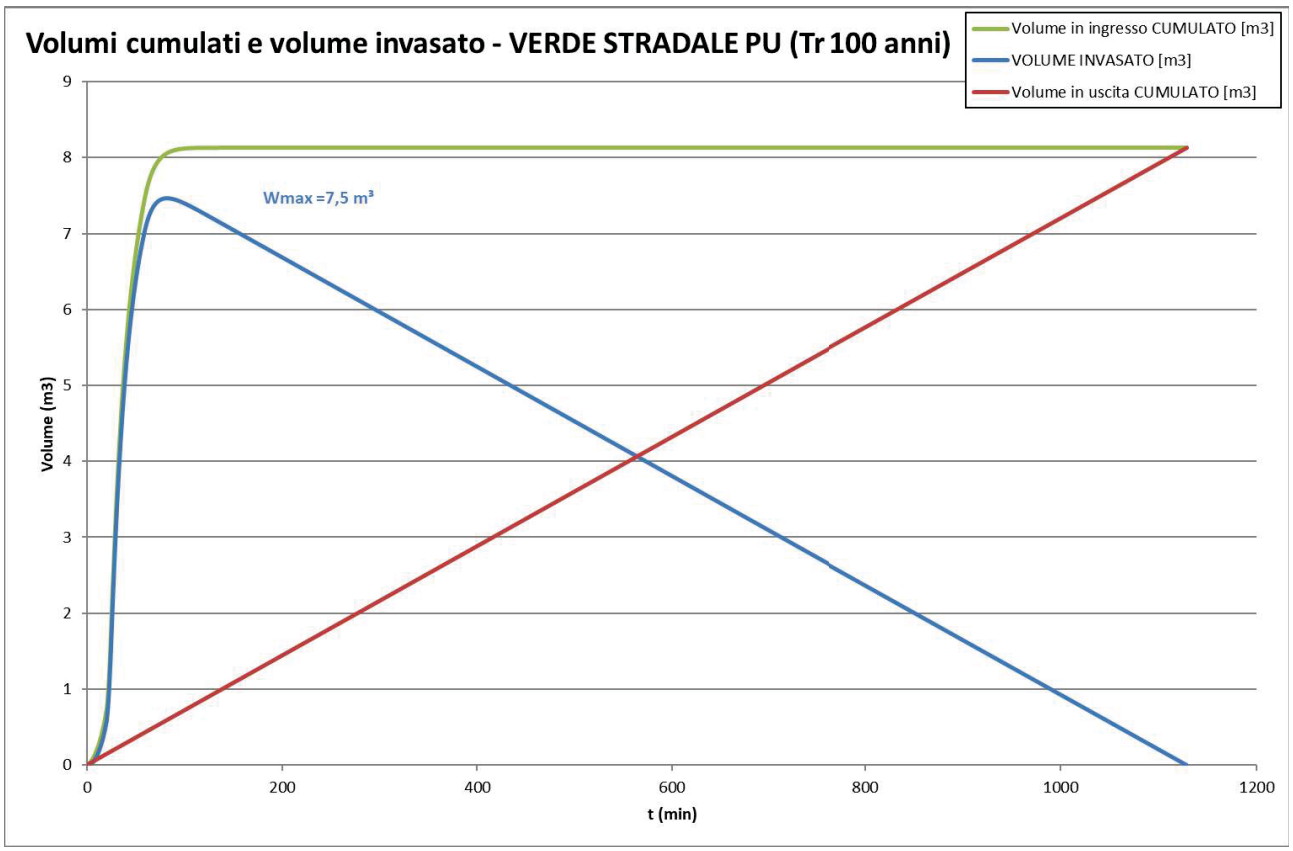

Volumi cumulati e volume invasato - VERDE URBANO PU (Tr 100 anni)
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =55 m³
Volume (m3)
t (min)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
200
400
600
800
1000
1200

AREE PUBBLICHE – VERDE STRADALE (AREE SEMIPERMEABILI – φ = 0,7)






Idrogrammi in ingresso e in uscita - VERDE STRADALE PU (Tr 100 anni)
Portata in ingresso [l/s]
Portata in uscita [l/s]
5,80
0,12
Portata (l/s)
t (min)
0
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140

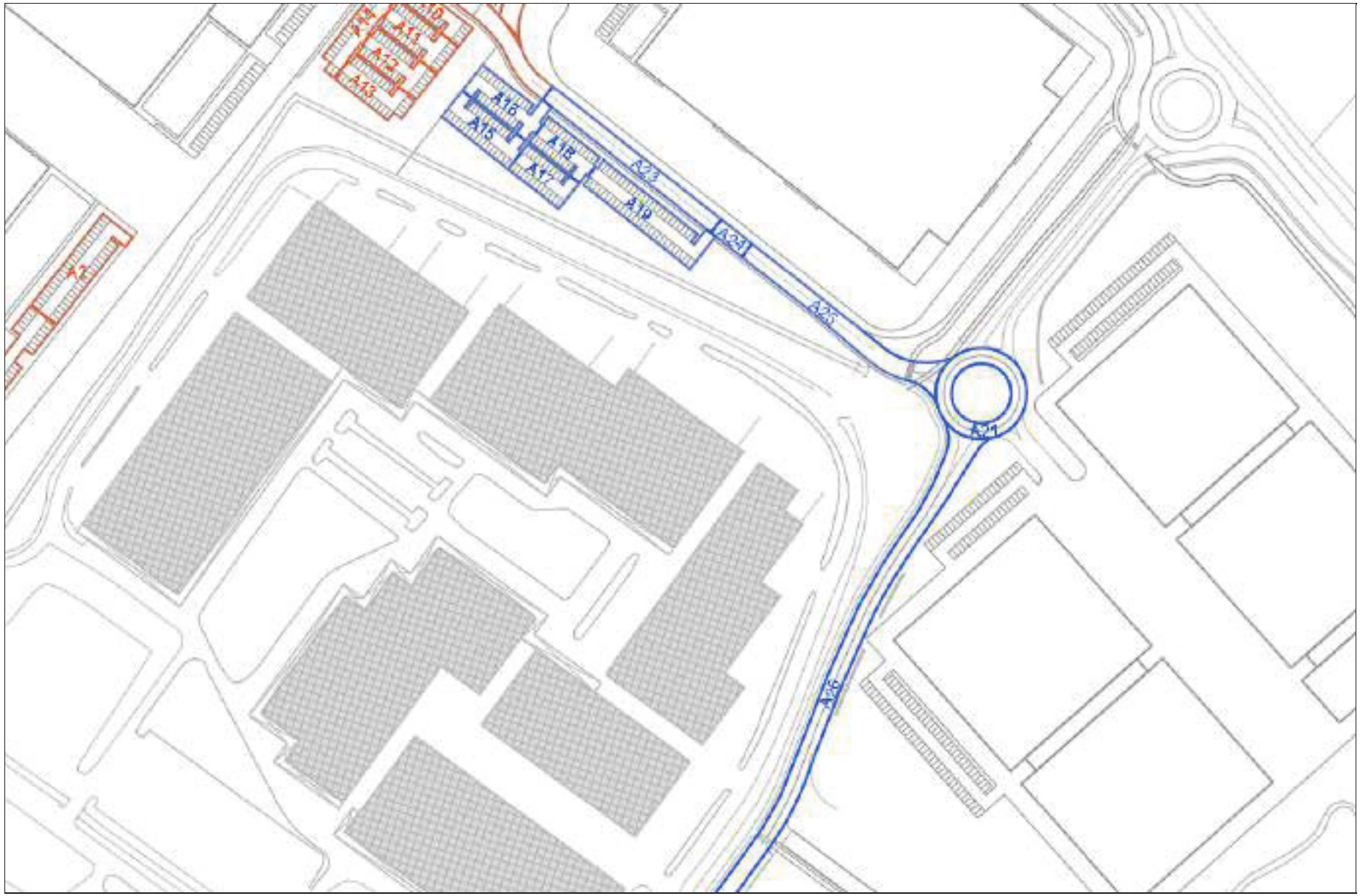

Volumi cumulati e volume invasato - VERDE STRADALE PU (Tr 100 anni)
Volume in ingresso CUMULATO [m3]
VOLUME INVASATO [m3]
Volume in uscita CUMULATO [m3]
Wmax =7,5 m³
Volume (m3)
t (min)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
200
400
600
800
1000
1200

ALLEGATO 4:

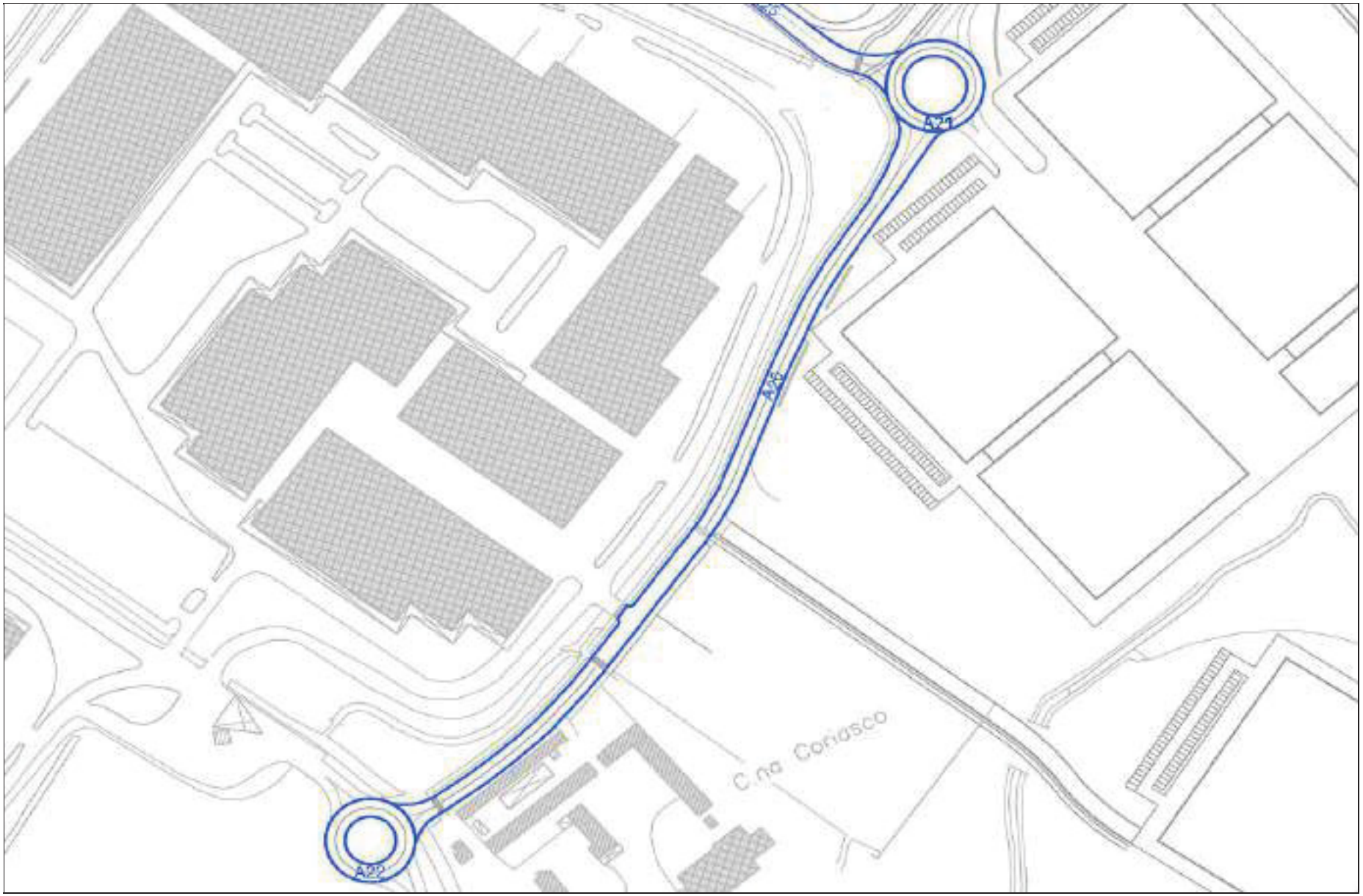
SCHEMA DI CALCOLO

- AREE PUBBLICHE -

SCHEMA DI CALCOLO (IN BLU AREE PUBBLICHE)



SCHEMA DI CALCOLO (IN BLU AREE PUBBLICHE)



ALLEGATO 5:

STIMA PORTATE CRITICHE CON TR = 50 ANNI

- AREE PUBBLICHE -

SUPERFICI BACINI DI DRENAGGIO

	IMPERMEABILE	SEMIPERMEABILE
CADITOIE	1	0,7
A15		660,00
A16		668,00
A17		517,00
A18		524,00
A19		1114,00
A21	955,00	
A22	933,00	
A23	918,00	
A24	168,00	
A25	1127,00	
A26	3900,00	

PORTATE CRITICHE TR = 50 ANNI

PUNTO	lunghezza (m)	te (min)	t rete (min)	tc (min)	area imp. (m^2)	φi	Q'c (m^3/s)	Q'c (l/s)
A15-A16	38,00	10	0,32	10,32	668,00	0,70	0,026	26,50
A17-A18	66,00	10	0,55	10,55	1192,00	0,70	0,047	46,55
A19	152,00	10	1,27	11,27	3483,00	0,70	0,130	129,87
A21	67,00	10	0,56	10,56	955,00	1,00	0,053	53,25
A22	117,00	10	0,98	10,98	933,00	1,00	0,051	50,62
A23	104,00	10	0,87	10,87	918,00	1,00	0,050	50,16
A24	152,00	10	1,27	11,27	4401,00	0,76	0,179	178,77
A25	100,00	10	0,83	10,83	2082,00	1,00	0,114	114,00
A26	410,00	10	3,42	13,42	3900,00	1,00	0,184	183,75

ALLEGATO 6:

DIMENSIONAMENTO RETI ACQUE BIANCHE

CON TR = 50 ANNI

- AREE PUBBLICHE -

Ramo	De (mm)	Di (mm)	R (m)	i	h (m)	h/D	ri	P bagn.	A bag.	Qd (l/s)	v (m/s)
A15-A16	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,118	0,398	0,063	0,405	0,026	26,5	1,03
A17-A18	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,163	0,551	0,079	0,496	0,039	46,6	1,19
A19	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,229	0,487	0,116	0,727	0,084	129,9	1,54
A21	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,178	0,600	0,082	0,525	0,043	53,3	1,23
A22	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,172	0,581	0,081	0,514	0,042	50,7	1,22
A23	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,171	0,577	0,081	0,512	0,041	50,2	1,21
A24	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,279	0,592	0,130	0,826	0,107	178,8	1,67
A25	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,246	0,653	0,109	0,709	0,077	114,1	1,48
A26	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,284	0,602	0,131	0,836	0,110	183,8	1,68

ALLEGATO 7:

STIMA PORTATE CRITICHE CON TR = 100 ANNI

- AREE PUBBLICHE -

SUPERFICI BACINI DI DRENAGGIO

	IMPERMEABILE	SEMIPERMEABILE
CADITOIE	1	0,7
A15		660,00
A16		668,00
A17		517,00
A18		524,00
A19		1114,00
A21	955,00	
A22	933,00	
A23	918,00	
A24	168,00	
A25	1127,00	
A26	3900,00	

PORTATE CRITICHE TR = 100 ANNI

PUNTO	lunghezza (m)	te (min)	t rete (min)	tc (min)	area imp. (m^2)	φi	Q'c (m^3/s)	Q'c (l/s)
A15-A16	38,00	10	0,32	10,32	668,00	0,70	0,030	29,91
A17-A18	66,00	10	0,55	10,55	1192,00	0,70	0,053	52,54
A19	152,00	10	1,27	11,27	3483,00	0,70	0,147	146,58
A21	67,00	10	0,56	10,56	955,00	1,00	0,060	60,10
A22	117,00	10	0,98	10,98	933,00	1,00	0,057	57,14
A23	104,00	10	0,87	10,87	918,00	1,00	0,057	56,61
A24	152,00	10	1,27	11,27	4401,00	0,76	0,202	201,77
A25	100,00	10	0,83	10,83	2082,00	1,00	0,129	128,67
A26	410,00	10	3,42	13,42	3900,00	1,00	0,207	207,39

ALLEGATO 8:

VERIFICA RETI ACQUE BIANCHE

CON TR = 100 ANNI

- AREE PUBBLICHE -

Ramo	De (mm)	Di (mm)	R (m)	i	h (m)	h/D	ri	P bagn.	A bag.	Qd (l/s)	v (m/s)
A15-A16	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,126	0,426	0,067	0,422	0,028	30,0	1,07
A17-A18	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,176	0,595	0,082	0,522	0,043	52,6	1,23
A19	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,246	0,523	0,121	0,761	0,092	146,6	1,59
A21	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,193	0,650	0,085	0,556	0,048	60,1	1,26
A22	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,186	0,629	0,084	0,543	0,046	57,2	1,25
A23	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,185	0,625	0,084	0,541	0,045	56,7	1,25
A24	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,302	0,641	0,135	0,874	0,118	201,8	1,71
A25	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,269	0,714	0,112	0,758	0,085	128,7	1,51
A26	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,308	0,654	0,136	0,887	0,121	207,4	1,72

ALLEGATO E r.r. 23 novembre 2017, n. 7: Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio).
MODALITA' DI CALCOLO E DOCUMENTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA:
☒ Articolo 10, comma 1, lettera d);
☐ Articolo 10, comma 2 requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2 impermeabilizzazione bassa, criticità ABC, e impermeabilizzazione media o alta criticità C;
☐ Articolo 10, comma 3, lettera b), requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera b);
☐ Articolo 10, comma 3, lettera b), requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera a).

Per ogni intervento di cui all'articolo 3 del regolamento, il progettista, incaricato del progetto delle opere di invarianza idraulica e idrologica è tenuto a compilare il modulo seguente

ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITA' DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA' (Articolo 47 d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445)

Il sottoscritto Dott. Geol. Luigi Giancarlo Corna, C.F. CRNLGN67E01G864W, nata/o a Pontida il 01/05/1967, residente per le cariche in via Corridoni n. 27 - 24124 Bergamo, iscritto all' Ordine dei Geologi della Lombardia al n. 765, in qualità di Direttore tecnico, della società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota s.r.l., P. IVA / C.F. 03455600167, con sede in via Corridoni n. 27 - 24124 Bergamo, PEC sicpr@epap.sicurezzapostale.it, incaricato da …, C.F. … nata/o a … (…) il …, residente per le cariche in via … n. ... - … ..o in qualità di
[ ] proprietario, [ ] utilizzatore [ ] legale rappresentante
di/della APTO ITALIA S.R.L. P. IVA / C.F. … con sede in via … n. … – … … (..), PEC …
[**X**] di redigere il Progetto di invarianza idraulica e idrologica per l'intervento di costruzione relativo a "PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DATACENTER - INSTALLAZIONE DI GRUPPI ELETTROGENI DI EMERGENZA DI POTENZA COMPLESSIVA SUPERIORE A 150 MWt"

In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

- che il comune in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:
  - ☐ A: ad alta criticità idraulica
  - ☒ B: a media criticità idraulica
  - ☐ C: a bassa criticità idraulica

  oppure
  - ☒ che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto si applicano i limiti delle aree A ad alta criticità
  - ☐ che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m^2 e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)
- che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo)……., pari a:
  - ☒ 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
  - ☐ 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
  - ☐ … l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore)

☒ che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata

dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a … l/s, che equivale ad una portata infiltrata pari a … l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

- che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:
  - ☐ Classe «0»
  - ☐ Classe «1» Impermeabilizzazione potenziale bassa
  - ☐ Classe «2» Impermeabilizzazione potenziale media
  - ☒ Classe «3» Impermeabilizzazione potenziale alta
- che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
  - ☐ all'articolo 12, comma 1 del regolamento
  - ☐ all'articolo 12, comma 2 del regolamento

☒ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:
- ☒ all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
- ☐ all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)

☒ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

con riferimento alla seguente documentazione:
- Relazione geologica e geotecnica del progetto;
- Tavole del progetto.

ASSEVERA

☒ che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento

☒ che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento;

☒ che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;

☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art, 12, comma 1, lettera a) del regolamento;

☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di € ……

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

(luogo e data)
Bergamo 15.09.2025
……..
Documento firmato digitalmente

Il Dichiarante
Dott. Geol. Luigi Corna
……